



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS**

**“SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LABORES SUBTERRÁNEAS DE LA
EMPRESA PRODUMIN S.A.”**

Trabajo de titulación presentado previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

**AUTOR
CHACHA BORJA DIEGO RAMIRO**

Macas - Ecuador

2016

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación, constituido por el Ing. Iván Pino Loza e Ing. Marco Mejía Flores, luego de recepatar la presentación del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Geología y Minas cuyo tema es: **“SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LABORES SUBTERRÁNEAS DE LA EMPRESA PRODUMIN S.A.”**, elaborado por el señor Chacha Borja Diego Ramiro, ha sido revisado y verificado, dando fe de la originalidad del presente trabajo y emite el siguiente veredicto: se ha aprobado el Informe del Proyecto Técnico por lo que se recomienda proceder a la recepción de la defensa oral.

En la ciudad de Macas, a los 14 días del mes de Julio de 2016.



Ing. Iván Pino Loza
DIRECTOR




Ing. Marco Mejía Flores
MIEMBRO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **Diego Ramiro Chacha Borja**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 14 de Julio del 2016



Diego Ramiro Chacha Borja

C.I. 140070230-2

DEDICATORIA

A Dios y la virgen Purísima de Macas por demostrarme que cada segundo de mi vida están conmigo.

A mis padres Rubén y Blanca por darme la vida, por su inmenso apoyo. A mi papá por ser un ejemplo de trabajo y enseñarme a ser responsable. A mi mamá por ser siempre mi modelo de esfuerzo, perseverancia, además de guiarme y enseñarme a no rendirme jamás, perseguir mis sueños y por brindarme todo su cariño y comprensión.

A mis hermanas Mónica y Gabriela por la alegría y ánimo en cada momento difícil de mi vida y por brindarme todo su afecto.

A mi esposa Patricia por el amor y apoyo invaluable e incondicional cada día de nuestras vidas y por regalarme la etapa más maravillosa de un ser humano, ser padre.

A mi hijo Gael que fue mi motor e inspiración para ser mejor y permitirme regalarle una vida satisfactoria y sin necesidades.

Cada logro conseguido, este trabajo y lo que vendrá es por ustedes

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Iván Pino por su amistad y específicamente por su aporte para el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Marco Mejía, por brindarme su apoyo y colaboración en el desarrollo de mi trabajo de titulación. Además por su aporte con sus conocimientos y sus consejos profesionales a lo largo de mi carrera universitaria.

A los maestros de la Universidad Politécnica De Chimborazo Ext. Macas que me compartieron su sapiencia y experiencias en el lapso de mi vida estudiantil que complementaron conocimientos que me permitieron hacer posible la realización de la tesis.

A la empresa PRODUMIN S.A. por darme la oportunidad de realizar mis prácticas pre-profesionales, por darme la oportunidad de trabajar, de poder desarrollar mi trabajo de titulación facilitándome importante información indispensable para este trabajo.

A mis grandes compañeros y amigos fuera de las aulas por su apoyo y aporte con los cuales compartimos momentos únicos en el campo y en el salón de clases, Cristian, Juan Pablo, Jhofre y Eduardo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Extensión Morona Santiago, que nos cobijó en sus aulas en la mejor etapa de nuestras vidas profesionales.

CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	II
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
CONTENIDO	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
GENERALIDADES.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Delimitaciones	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación	3
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Descripción de la zona de estudio	4
1.6.1. Ubicación y Posición Geográfica.....	4
1.6.2. Accesos y Vías de Comunicación	5
1.6.3. Clima y Vegetación	5
1.6.4. Red Hidrográfica del Sector.....	6
1.6.5. Geología Regional	6
1.6.6. Geología Local	8
1.6.7. Características del mineral.....	8
1.6.8. Caracterización del macizo rocoso	8
CAPÍTULO II	11
MARCO TEORICO	11
2.1. Minería Subterránea.....	11
2.2. Aire en las minas.....	11
2.2.1. Oxígeno.....	13
2.2.1.1 Efectos fisiológicos	13
2.2.1.2. Limite permisible	13
2.2.1.3. Causas de reducción.....	13
2.2.2. Nitrógeno	14

2.2.2.1. Efectos Fisiológicos	14
2.2.2.2. Origen de los trabajos.....	14
2.2.3. Monóxido de carbono	14
2.2.3.1 Efectos fisiológicos	14
2.3. Polvo en mina	15
2.3.1. Propiedades físicas del polvo	15
2.3.2. Propiedades químicas del polvo.....	15
2.3.3. Aspecto granulométrico	16
2.3.4. Aspecto composicional	16
2.3.6. Tipos de polvo.....	17
2.3.7. Límites máximos permisibles	17
2.4. Ventilación Subterránea.....	17
2.4.1. Tipos de ventilación	18
2.4.2. Ventilación Natural	18
2.4.3. Ventilación Mecánica o Auxiliar	18
2.4.4. Requerimiento del aire	19
2.4.4.1. Requerimiento por el personal	19
2.4.4.2. Requerimiento por la cantidad de equipos en funcionamiento y polvo en suspensión	20
2.4.4.3. Requerimiento por consumo de explosivos	20
2.4.4.4. Requerimiento para mantener óptimas condiciones ambientales.....	21
2.4.5. Sistemas de Ventilación	22
2.4.5.1. Sistema Impelente	22
2.4.5.2. Características del Sistema Impelente.....	22
2.4.5.3. Sistema Aspirante	23
2.4.5.4. Características del Sistema Aspirante	23
2.5. Labores subterráneas.....	26
2.5.1. Labor minera	26
2.5.2. Tipos de labores mineras.....	26
2.5.2.1. Galería.....	26
2.5.2.2. Crucero.....	26
2.5.2.3. Socavón.....	26
2.5.2.4. Pique o pozo minero.....	27
2.5.2.5. Chimenea principal	27
2.5.2.6 Chimenea camino.....	27

2.5.2.7. Tolva	27
2.5.2.8. Subnivel o sobre-nivel.....	27
2.5.2.9. Ventanilla	28
2.5.2.10. Tajo	28
2.5.2.11. Parrilla de seguridad.....	28
2.5.2.12. Pilar de sostenimiento	28
2.5.2.13. Puente de seguridad	28
2.5.3. Esquema de las labores subterráneas	29
2.5.4. Método de explotación.....	30
2.5.4.1. Descripción del método de explotación	30
2.5.4.2. Descripción de la mitigación del polvo en el frente de trabajo con agua.....	30
2.5.4.3. Dimensiones del Tajo.....	30
2.5.4.4. Preparaciones	31
2.6. Descripción del equipo técnico.....	33
2.6.1. Descripción técnica sistema eléctrico interior mina.....	33
2.6.2. Descripción técnica del aire comprimido para interior mina	36
2.6.3. Descripción técnica de la turbina de extracción principal.....	38
2.6.3.1. Recomendaciones para funcionamiento Interior mina.....	39
2.6.4. Descripción técnica de la turbina de extracción secundaria.....	41
2.6.4.1. Recomendaciones para funcionamiento Interior mina.....	42
2.6.5. Descripción técnica de la manga de ventilación	43
CAPÍTULO III.....	44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1. Ámbito de estudio.....	44
3.2. Tipo de investigación.	44
3.3. Nivel de Investigación	44
3.4. Método de la Investigación.....	44
3.4.1. Método General.....	44
3.4.2. Método Específico	44
3.5. Técnicas y equipos de recolección de datos.....	45
3.5.1. Técnicas	45
3.5.2. Equipos o Instrumentos.....	45
CAPÍTULO IV	46
ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	46
4.1. Diagnóstico del sistema de ventilación actual.....	46

4.2. Esquema de ventilación actual.....	47
4.3. Requerimiento de aire por el personal.....	49
4.4. Requerimiento de aire por la cantidad de equipos en funcionamiento y polvo en suspensión.....	49
4.5. Requerimiento por consumo de explosivos.....	50
4.6. Requerimiento para mantener óptimas condiciones ambientales.....	51
4.7. Total de CFM utilizando en interior mina.....	52
4.8. Sistema de ventilación propuesto.....	53
CAPÍTULO V.....	56
EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.....	56
5.1. Armado del Arranque.....	56
5.2. Instalación del arranque y el cable concéntrico.....	57
5.3. Costo de instalación de Manga y Ventilador.....	58
5.3.1. Traslado a interior mina.....	58
5.3.2. Instalación del ventilador.....	58
5.3.3. Instalación de la manga.....	58
5.4. Costo Instalación Manga y Armado del tablero Eléctrico Ventilador.....	59
5.4.1. Armado del Armario de Control.....	59
5.4.2. Traslado a interior mina.....	59
5.4.3. Instalación de la Manga.....	59
5.5. Análisis de factibilidad del proyecto del sistema de ventilación.....	60
5.6. Resumen de Costos del Sistema de Ventilación.....	61
CAPÍTULO VI.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
6.1. CONCLUSIONES.....	62
6.2. RECOMENDACIONES.....	63
RESUMEN.....	64
ABSTRACT.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXOS.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Composición del aire.....	11
Tabla 2-2: Carta de gases.....	12
Tabla 3-2: Distribución del personal.....	19
Tabla 4-2: Ficha técnica de transformador trifásico 1500 Kva.....	33
Tabla 5-2: Ficha técnica de transformador trifásico 1500 Kva.....	34
Tabla 6-2: Ficha técnica de grupo electrógeno.....	35
Tabla 7-2: Ficha técnica de compresor de 900 CFM	36
Tabla 8-2: Ficha técnica de compresor de 800 CFM	37
Tabla 9-2: Ficha técnica de turbina de 75hp.....	38
Tabla 10-2: Ficha técnica de turbina de 5 hp.....	41
Tabla 11-2: Ficha técnica de la manga de ventilación de 22”.....	43
Tabla 12-4: Total de CFM y m ³ /min sistema aspirante e impelente.....	52
Tabla 13-5: Costos del armado del arranque.....	56
Tabla 14-5: Costos de instalación del arranque y cable concéntrico.....	57
Tabla 15-5: Costos del sistema de ventilación.....	60

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-1 Coordenadas UTM de la empresa Produmin S.A.....	4
Figura 2-1 Trayecto desde el cantón Ponce Enríquez hasta la empresa Produmin S.A.....	5
Figura 3-1 Mapa geológico simplificado del distrito Azuay.....	7
Figura 4-1 Geología local de la empresa Produmin S.A.....	8
Figura 5-1 Tabla de evaluación Geo-Mecánica.....	9
Figura 6-1 Metodología de aplicación de tabla de evaluación Geo-Mecánica.....	10
Figura 7-1 Clasificación Geo-mecánica.....	10
Figura 8-2 Método de explotación labores subterráneas.....	29
Figura 9-2 Turbina de 75 hp.....	39
Figura 10-2 Hélice de turbina.....	40
Figura 11-2 Turbina de 5 hp.....	42
Figura 12-4 Esquema de ventilación actual.....	46
Figura 13-4 Crucero sin ventilación con presencia de gas.....	47
Figura 14-4 Esquema de ventilación actual.....	48
Figura 15-4 Turbina de 5 Hp / manga de 22”	53

INTRODUCCIÓN

La Compañía de Productos Mineros S.A. PRODUMINSA tiene como finalidad contar con una operación Sustentable, limpia, segura y saludable. Esta empresa lleva desarrollando actividades mineras desde varios años por lo que en este tiempo se ha convertido en una de las más grandes y sustentables empresas del país; tiene como objetivo llegar a ser una de las mayores empresa minera del Ecuador, superar los patrones consagrados de excelencia en investigación, desarrollo, implantación de proyectos y operación de sus negocios.

El desarrollo de la minería altamente competitiva, sustentable y con responsabilidad social solo se puede conseguir mediante la integración de sus empleados, accionistas y comunidades locales, así como trabajando de una manera ética, responsable, transparente y teniendo una correcta implementación de un sistema de seguridad y salud ocupacional en Minería.

La Empresa PRODUMIN S.A, es una industria minera dedicada a la explotación y beneficio de minerales metálicos, constituye una de las herramientas más importantes para la promoción del desarrollo social y progreso económico del país. Es así que el contenido de la presente investigación, se enfoca al estudio y conocimiento de la implementación de un sistema de ventilación para labores de interior mina.

Este trabajo se lo realizara aplicado una investigación de campo, como parte del conocimiento técnico - científico y formación académica profesional.

Para lo cual la presente tesis mostrará una metodología para implementar un Sistema de Ventilación en una mina subterránea de acuerdo con las normas de seguridad e higiene minera, y en donde se muestran los métodos de ventilación que pueden utilizarse para lograr el acondicionamiento del aire que circula a través de las labores subterráneas, teniendo como objetivo principal el proporcionar un ambiente seguro, saludable y en lo posible cómodo para los mineros.

El proyecto que se propone realizar se lo hará en dos etapas: La primera radica en el levantamiento de toda la información de campo, seguido de la segunda etapa, la investigación documental y revisión literaria, de forma que de este modo se pueda identificar los principales problemas enfocados al sistema de ventilación y las medidas que son necesarias, poner en práctica para controlar y reducir el aire contaminado que circula en labores de interior mina.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

La ventilación en minería es de mucha importancia ya que permite mejorar y controlar la calidad de aire, además se alcanza el beneficio de la salud de los trabajadores mineros y optimiza el funcionamiento de los equipos mineros y la preservación de los materiales necesarios para el desarrollo de la actividad minera.

A nivel mundial las empresas han establecido políticas de seguridad con el fin de establecer facilidades que permitan continuar con las operaciones, estableciendo de este modo un plan de ventilación adecuada que permitan controlar la calidad y cantidad de aire necesario para este tipo de labores mineras. A nivel nacional empresas mineras con labores subterráneas no presentan un sistema de ventilación definido por lo que esto genera deficiencias en la ventilación y esto trae como consecuencia un ambiente inseguro que no permite que las operaciones de exploración, preparación y explotación se desarrollen de una mejor manera,

Dada la presencia de gases, polvo y demás partículas contaminantes se ha visto necesario diseñar un sistema de ventilación para labores subterráneas en la empresa PRODUMIN S.A., de manera que permita el ingreso de aire fresco y limpio a los frentes de trabajo, diluir hasta hacerlos inofensivos y arrastrar los gases asfícticos, tóxicos, o inflamables, rebajar la temperatura y luchar contra las influencias perjudiciales de corrientes de modo que se genere un ambiente de trabajo donde los mineros, maquinaria tengan un óptimo rendimiento.

1.2. Delimitaciones

- a) Las cota del nivel inferior es 287.633 y se extiende hasta el nivel superior con la cota 536.438
- b) Por tratarse de un área rural se pueden presentar problemas de acceso debido al orden público y de las condiciones climáticas adversas que imposibilitan el ingreso de vehículos al área de estudio.
- c) Que la información solicitada y suministrada por la empresa sea real y oportuna.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Implementar un sistema de ventilación para labores de interior mina.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Proveer el aire necesario para la vida, normal desempeño de los hombres y buen funcionamiento de las máquinas y equipos.
- b) Diluir y extraer los gases asfixiantes, tóxicos y/o inflamables que se generan esporádica y permanentemente en la mina.
- c) Control de las concentraciones de polvos nocivos para la salud y perjudiciales para el funcionamiento de las máquinas y equipos mineros, mediante filtración, humidificación, dilución y extracción.
- d) Control de la temperatura ambiente de la mina.
- e) Control de flujos de aire en la mina en casos de incendios subterráneos.

1.4. Justificación

Este trabajo de investigación ejecutado en la empresa PRODUMIN S.A. se justifica en la medida que se dé solución a la deficiencia en el sistema de ventilación, que permita que los trabajadores tenga un suministro de aire limpio para liberar el aire viciado y contaminado por sustancias gaseosas producto de las operaciones de perforación y voladura, mejorando las condiciones de trabajo así mismo consiguiendo por los trabajadores un mejor desempeño en sus tareas, además de reducir las enfermedades ocupacionales. La ventilación juega un rol muy importante en el control de polvo, gases de voladura con el fin de diluir y remover de las labores existentes.

La importancia de implementar un Sistema de Ventilación radica en los grandes beneficios que obtiene la empresa, garantizar una dotación de aire fresco y limpio tanto a los frentes de trabajo, aprovechando las condiciones naturales y empleando medios auxiliares, que brinda mayores resultados en efectividad y productividad de la empresa.

1.5. Hipótesis

Al diseñar el sistema de ventilación del nivel principal se determinará alternativas de un entorno seguro de trabajo en las labores subterráneas de la empresa PRODUMIN S.A.

1.6. Descripción de la zona de estudio

1.6.1. Ubicación y Posición Geográfica

La empresa PRODUMIN S.A. se encuentra ubicado en el sector “La López” perteneciente al cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay, dentro de la cooperativa Bella Rica.

Las coordenadas UTM de la cooperativa Bella Rica son:

P1:	E	641209.00	N	9661650.00
P2:	E	643309.00	N	9661650.00
P3:	E	643309.00	N	9660250.00
P4:	E	646009.00	N	9660250.00
P5:	E	646009.00	N	9658050.00
P6:	E	641209.00	N	9658050.00

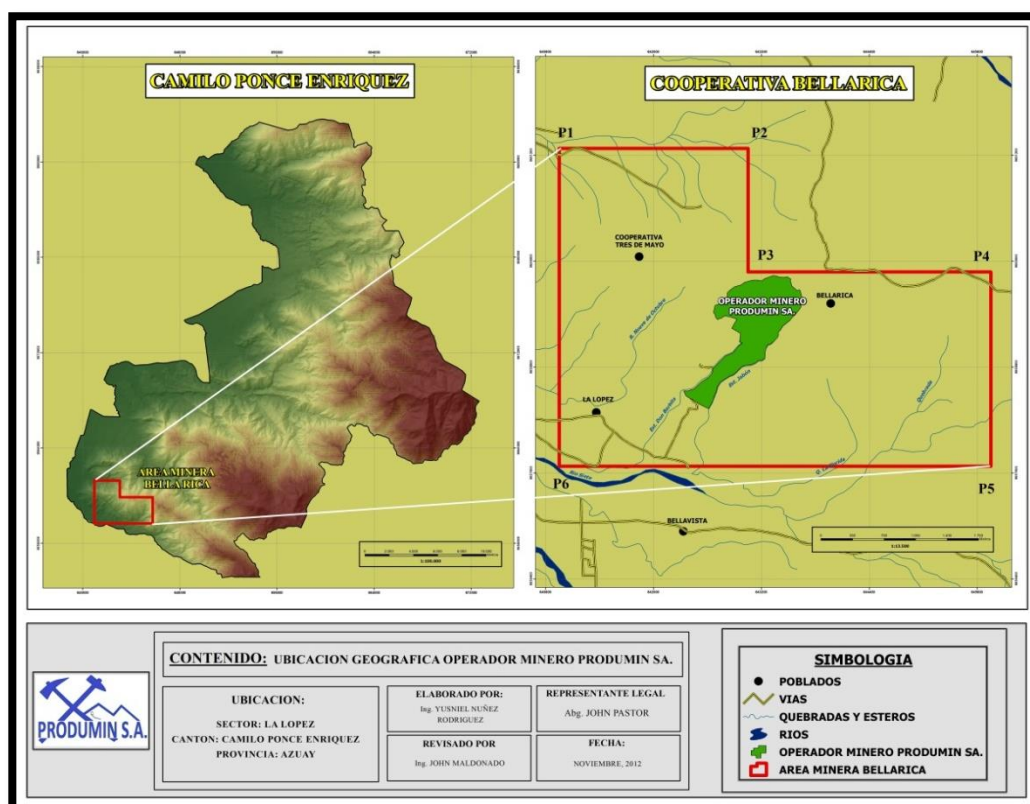


Figura 1-1 Coordenadas UTM de la empresa Produmin S.A.

1.6.2. Accesos y Vías de Comunicación

EL campamento y la mina PRODUMIN S.A. se encuentra ubicada en el Sector La López, Cantón Camilo Ponce Enríquez, Provincia de Azuay. A una distancia de 4.5 km en línea recta respecto a La Ponce Enríquez. En camioneta se demora 15 min.

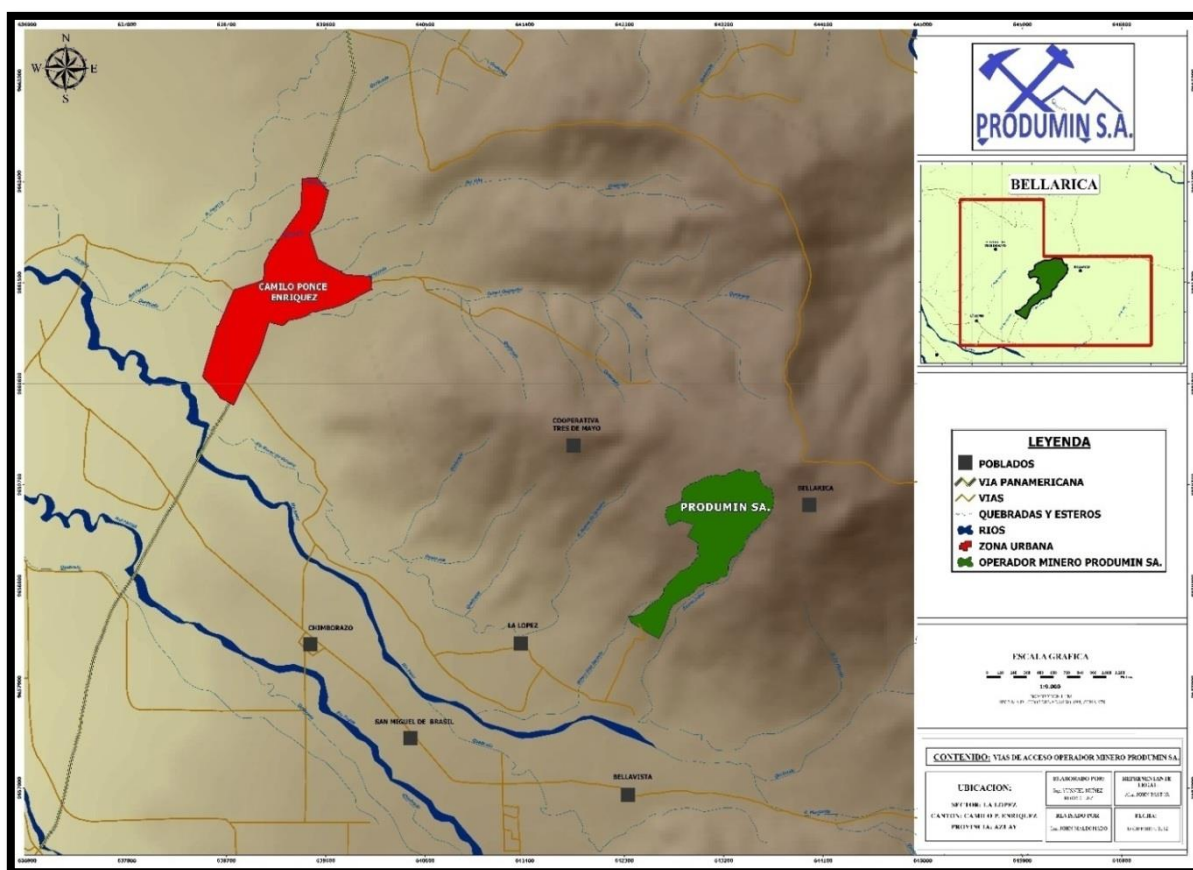


Figura 2-1 Trayecto desde el cantón Ponce Enríquez hasta la empresa Produmin S.A.

1.6.3. Clima y Vegetación

El área donde se ubica el campamento y la boca mina se caracteriza por tener un clima de tipo monzónico, este tipo de clima corresponde las zonas de vida bosque muy seco tropical y el bosque húmedo pre montado, el primero se localiza entre las altitudes 150 y 300 msnm, su clima está caracterizado por una precipitación anual entre 500 y 1000 mm y su temperatura media anual fluctúa entre 24° y 26°.

1.6.4. Red Hidrográfica del Sector

En el área de estudio el agua es de carácter lineal (ríos y arroyos). De acuerdo a la densidad de corrientes y forma de la cuenca esta es de textura media, los drenajes convergen en ángulos rectos en la Quebrada El Jabón y esta a su vez desagua en el río Margarita dando lugar a la cuenca de drenaje rectangular, posiblemente controladas por fracturas y las discontinuidades de las rocas del lecho del río. Esta forma de drenaje también es propia de una cubierta fina del suelo.

El uso del agua en esta región es principalmente para la agricultura, ganadería, el consumo humano y la minería.

1.6.5. Geología Regional

La zona minera Ponce Enríquez, está localizada dentro del sub distrito Machala-Naranjal, en la parte occidental del Distrito Azuay, contiene depósitos de cobre, oro, molibdeno en pórfidos y en vetas desarrollados dentro de rocas de caja volcánicas y que están espacialmente relacionados con pórfidos.

La unidad comprende basaltos toleíticos lávicos masivos y almohadillas con intrusiones básicas y cantidades subordinadas de rocas volcanoclasticas, sedimentos pelágicos además de rebanadas tectónicas de rocas ultramaficas. La base de esta unidad no está expuesta, hacia el Este, está cubierta discordantemente por las rocas volcánicas subaereas, de composición intermedia a silícea calco alcalina del Grupo Saraguro (Eoceno Medio tardío o Mioceno Inferior). El espesor de esta unidad aproximadamente es de más de 1 km al este de Ponce Enríquez.

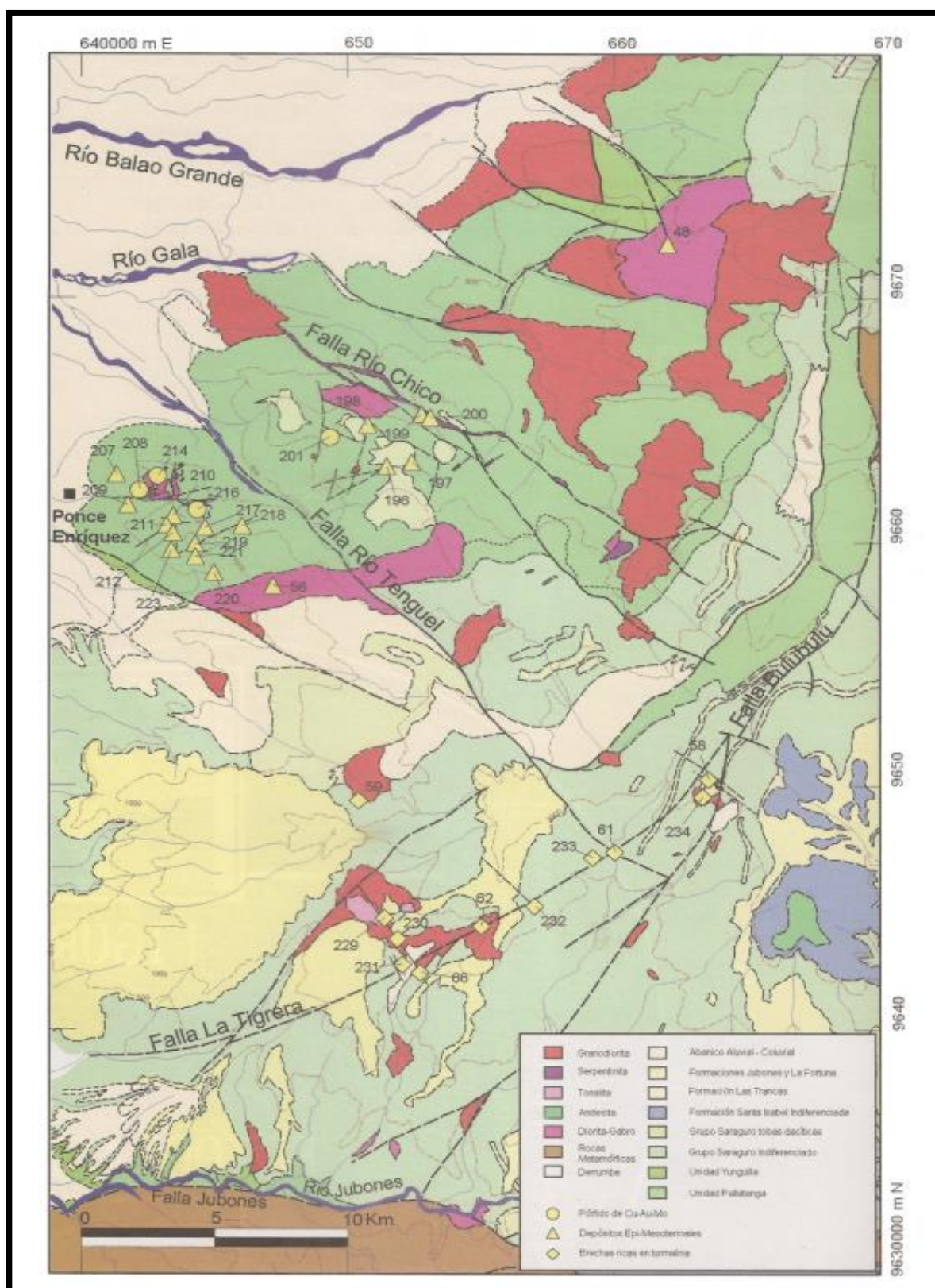


Figura 3-1 Mapa Geológico simplificado del Distrito Azuay

Fuente: Evaluación de Distritos Mineros del Ecuador

<p>1.- PARA LA APLICACIÓN DE ESTA TABLA SE DETERMINA <i>INSITU</i> LO SIGUIENTE:</p> <p>A) PARAMETRO DE LAS ESTRUCTURAS, SEGÚN LA CANTIDAD DE FRACTURAS CONTADAS POR METRO LINEAL, DEFINIDAS POR UN FLEXOMETRO.</p> <p>B) PARAMETRO DE CONDICIÓN, SEGÚN LA RESISTENCIA DE LA ROCA, DEFINIDA POR LA CANTIDAD DE GOLPES DE PICOTA CON QUE SE ROMPE LA ROCA O A LA PROFUNDIDAD DEL HUNDIMIENTO DE LA MISMA.</p> <p>PARA DETERMINAR EL ÁREA DEL INDICE DE LA RESISTENCIA GEOLOGICA (G.S.I.) DEBE LAVARSE PREVIAMENTE LAS PAREDES, ADEMAS INCREMENTAR A LAS OBSERVACIONES DE LAS FRACTURAS, EL RELLENO, PRESENCIA DE AGUA Y SU ORIENTACION.</p>
<p>2.- LA ROCA Y LAS ESTRUCTURAS QUE NO REQUIERAN SOPORTE DE ACUERDO A LA PRESENTE TABLA, PERO QUE PRESENTAN FRACTURAS VERTICALES O SUBVERTICALES, PARALELAS O SUB PARALELAS Y TANGENCIALES O SUB TANGENCIALES A LA LABOR, NECESITARAN DE EMPERNADO SISTEMATICO EN LAS PAREDES O EN LOS TRAMOS QUE SON AFECTADOS POR ESOS SISTEMAS, DE IGUAL MANERA SE REQUIEREN DE PERNOS EN EL TECHO EN LOS TRAMOS AFECTADOS POR FRACTURAS HORIZONTALES O SUBHORIZONTALES Y PUNTALES DE SEGURIDAD EN LOS TAJOS</p>
<p>3.- LA CLASIFICACION Y LA SELECCIÓN DEL SOPORTE DEBE DE REALIZARSE CONFORME AVANZAN LAS EXCAVACIONES COLOCANDO EL TIPO DE SOPORTE EN EL TIEMPO INDICADO (OPORTUNAMENTE), DE COLOCARSE A DESTIEMPO SE REQUERIRA DE UN DESATADO PREVIO Y LA COLOCACIÓN DE UN SOPORTE MAS PESADO QUE DEBERIA CORRESPONDER SEGUN LA TABLA G.S.I</p>
<p>4.- LOS PERNOS SISTEMATICOS DEBEN SER COLOCADOS PERPENDICULAR A LAS PLANOS DE FRACTURAS A SOSTENER (NO DENSIFICAR LOS PERNOS A DISTANCIAS MENORES A 1 METRO), SALVO CUANDO SE COLOQUEN PARA ASEGURAR BLOQUES SUELTOS EN LABORES PEQUENAS (CUÑAS).</p>
<p>5.- EN LA COLOCACION DE MALLAS, ÉSTAS DEBEN ASEGURARSE AL TECHO MEDIANTE EL USO DE GATAS MECANICAS O NEUMATICAS O COMO ALTERNATIVA CON PUNTALES CON PLANTILLAS EN FORMA DE "T" PARA EVITAR LA CAIDA DE ROCA DURANTE SU COLOCACIÓN.</p>
<p>6.- EN CASOS QUE SE PRESENTAN CONDICIONES DE BAJA O ALTAS PRESIONES, PRESENCIA DE FILTRACIÓN DE AGUA Y ORIENTACIONES DE FRACTURAS DESFAVORABLES (FRACTURAS SUBPARALELAS O SUB HORIZONTALES A LA LABOR), TANTO EL SOSTENIMIENTO COMO LA CLASIFICACION (G.S.I.) DEBERÁ CORREGIRSE (CASTIGARSE).</p>

Figura 6-1 Metodología de Aplicación de Tabla de Evaluación Geo mecánica

Fuente: Clasificación RMR (G.S.I. Hoek & Brown)

INDICE G. S. I.		INDICE R.M.R.	INDICE Q	TIPO DE SOPORTE	TIEMPO DE COLOCACIÓN
LEVEMENTE FRACTURADA / MUY BUENA	LF/MB	85-95	100-300	I	.....
LEVEMENTE FRACTURADA / BUENA	LF/B	75-85	40-100	II	.....
LEVEMENTE FRACTURADA / REGULAR	LF/R	65-75	12-40	II	10 AÑOS
MODERADAMENTE FRACTURADA / BUENA	F/B	65-75	12-40	I	10 AÑOS
MODERADAMENTE FRACTURADA / REGULAR	F/R	55-65	5-12	III	1 AÑO
MODERADAMENTE FRACTURADA / MALA	F/M	45-55	1-5	IV	3 DIAS
MUY FRACTURADA / BUENA	MF/B	55-65	5-12	II	1 AÑO
MUY FRACTURADA / REGULAR	MF/R	45-55	1-5	III	5 DIAS
MUY FRACTURADA / MALA	MF/M	35-45	0.4-1	IV	1 DIA
MUY FRACTURADA / MUY MALA	MF/MM	25-35	0.1-0.4	V	6 HORAS
INTENSAMENTE FRACTURADA / REGULAR	IF/R	35-45	0.4-1	III	3 DIAS
INTENSAMENTE FRACTURADA / MALA	IF/M	25-35	0.1-0.4	IV	1 DIA
INTENSAMENTE FRACTURADA / MUY MALA	IF/MM	15-25	0.05-0.1	V	INMEDIATO
TRITURADA / MALA	T/M	15-25	0.05-0.1	V	INMEDIATO
TRITURADA / MUY MALA	T/MM	5-15	0.01-0.05	V	INMEDIATO

Figura 7-1 Clasificación Geo mecánica

Fuente: Clasificación RMR (G.S.I. Hoek & Brown)

Por medio de un estudio de la caracterización del macizo rocoso realizado en la mina PRODUMIN S.A., se obtuvo que según la clasificación RMR (G.S.I. Hoek & Brown) el macizo pertenece a la clase correspondiente entre la IIa y IIb con lo que se define como denominación Buena.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Minería Subterránea

La minería subterránea consiste en la extracción por separado de la totalidad de la sustancia mineral y estéril que se encuentra en el depósito, hasta una profundidad determina por las condiciones propias del yacimiento.

Se deben tener en cuenta una serie de conceptos o elementos básicos que permiten el manejo de las condiciones atmosféricas y de seguridad en las labores de desarrollo, preparación y explotación del mineral. (Fritzsche, 1965)

2.2. Aire en las minas

El aire normal consta de 21% de oxígeno y 78% de nitrógeno, en volumen. Contiene además, Gas carbónico, gases raros, vapor de agua en porcentajes variables.

Tabla 1-2 Composición del aire

Gas	Composición (% en volumen)
N ₂	78,03
O ₂	20,99
Ar	0,94
CO ₂	0,033
Ne	0,0015
He	0,000524
Kr	0,00014
Xe	0,000006

Fuente: (Fritzsche, 1965)

Vapor de agua 0.05% hasta 4%, en promedio 1%, este porcentaje no influye en la relación oxígeno-nitrógeno. Fuera de estos componentes normales el aire de las minas contiene otras impurezas que son provenientes de:

- Polvo y gases provenientes de voladuras en las diferentes labores mineras.
- Gases de las mismas formaciones.

Los principales contaminantes del aire son: monóxido de carbono (CO), gas carbónico (CO₂), metano (CH₄), gases nitrosos (NO + NO₂), anhídrido sulfuroso (SO₂), polvos de rocas y en los casos de los minerales radiactivos, el Radón y el Torio que son isotopos radioactivos, de vida corta, proveniente de la desintegración de los isotopos de radio perteneciente a la familias de actinio y del torio. Estos componentes del aire pueden representar un peligro, tanto por su propia nocividad como por la disminución de oxígeno que ocasionen. (Fritzsche, 1965)

Tabla 2-2 Carta de Gases

CARACTERISTICA	METANO	MONOXIDO DE CARBONO	ACIDO SULFHDIRICO	GAS CARBONICO	NITROGENO	OXIGENO
FORMULA QUIMICA	CH ₄	CO	H ₂ S	CO ₂	N ₂	O ₂
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.555	0.967	1.191	1.5291	0.967	1.105
INCIDENCIA EN AL AIRE (%)	*	*	*	0.03	78.10	20.93
¿ES COMBUSTIBLE?	SI	SI	SI	NO	NO	NO
¿ES SOPORTE DE LA COMBUSTION?	NO	NO	NO	NO	NO	SI
¿ES VENENOSO?	NO	SI	SI	NO	NO	NO
¿COMO SE DETECTA?	Lámpara de seguridad multidetector	Multidetector análisis químico	Multidetector análisis químico tubo de control	Análisis químico lámpara de seguridad	Análisis químico lámpara de seguridad	Análisis químico multidetector lámpara de seguridad
RANGO EXPLOSIVO EN EL AIRE	5 a 15 %	12.5 a 73 %	4.3 a 46 %	Ninguno	Ninguno	Ninguno
TEMPERATURA DE IGNICION EN °C	593 a 749	593	371	Ninguna	Ninguna	Ninguna
ORIGEN	Ocluido en el carbón y mantos de arcilla; Descomposición de materia vegetal en el agua	Combustión incompleta; Fuegos de mina; Explosivos de metano y en voladuras con dinamitas	En aguas de mantos de carbón; En tuberías en lugares proveniente ventilados	Combustión completa; Pequeñas cantidades son encontradas en forma natural en el aire	Es encontrado en forma natural en el aire; La oxidación de carbón libera nitrógeno	Se encuentra naturalmente en el aire
¿CUAL ES EL EFECTO SOBRE LA VIDA?	Causa la muerte por sofocación si es respirado en altas concentraciones; El efecto pasa al re refrescarse en aire limpio de metano	0.10 % en el aire causa un colapso completo; Excluye el oxígeno de la sangre	0.07 % causa la muerte en una hora; Muy venenoso; Destruye el nervio del olfato	Causa muerte por sofocación; Reemplaza el oxígeno de la sangre; Respiración difícil	Causa la muerte por sofocación; Reemplaza el oxígeno de la sangre	Necesario para la vida

Fuente: (Fritzsche, 1965)

2.2.1. Oxígeno

Gas incoloro, inodoro e insípido; Formula: O₂

Peso específico: 1.11 (respecto al aire)

2.2.1.1 Efectos fisiológicos

En las siguientes concentraciones en el aire producen en el organismo humano los siguientes efectos:

De 21 - 18 % Ritmo de respiración normal.

De 18 - 12 % Aumento del ritmo respiratorio. Aceleración del pulso.

De 12 - 9 % Aceleración notable de la respiración y del pulso, respiración intermitente, cianosis, vomito, astenia.

De 10 - 6 % Excitación con cianosis intensa, sincopes llegado hasta el estado de coma, resisten únicamente durante muy cortos periodos de tiempo.

De 5 - 3 % Muerte en poco tiempo.

2.2.1.2. Limite permisible

Por debajo de una concentración del 18 % debe cerrarse el frente de trabajo a la operación del personal.

2.2.1.3. Causas de reducción

- Se resume en las siguientes:
- Absorción por el carbón.
- Respiración de los hombres y animales
- Mezcla del aire con diversos productos gaseosos preexistentes. Emisión continua, desgasificaciones instantáneas, voladuras, explosiones del grisú o polvos del carbón, incendios
- Extensión de los frentes de trabajo y la velocidad del aire, a través de ellos, influye sobre la absorción de O₂ por el carbón.

- El tenor se disminuye mas en las secciones donde el aire está quieto o es lento. Cuando la velocidad es débil, por ejemplo, en los trabajos abandonados o en recuperación no es rara una disminución del 1% en O_2 .
- La cantidad de personal y la intensidad del trabajo influyen sobre el consumo de aire, por respiración. Según el trabajo realizado, un hombre consume de 0.25 a 2.5 lt/min de O_2 aspirado de 7 a 60 lts/min de aire y expulsado de 0.2 a 2.4 lts/min de CO_2 .

2.2.2. Nitrógeno

Gas incoloro, inodoro e insípido, químicamente inerte; Formula: N_2

Peso específico: 0.97 (respecto al aire)

2.2.2.1. Efectos Fisiológicos

No tiene ninguna acción química durante la respiración. Su peligrosidad radica en que su aumento disminuye el O_2 a porcentajes peligrosos para la vida del hombre.

2.2.2.2. Origen de los trabajos

Su aumento en la corriente de ventilación de las mismas se debe a la putrefacción de materias orgánicas y en el trabajo con explosivos. También se presenta en el desprendimiento por las rocas y cartones.

2.2.3. Monóxido de carbono

Gas si color, sin sabor, ni olor. Debidamente soluble al agua. Toxico y combustible; combustible cuando su contenido es de 13 – 75 % y por el calor a la llama se inicia la oxidación del CO_2 .

Formula: CO

Peso específico: 0.97 (respecto al aire).

2.2.3.1 Efectos fisiológicos

Es un gas bastante venenoso que tiene mucha más afinidad por la hemoglobina de las sangre que el oxígeno, (200 – 300 veces más) formando la carboxihemoglobina, reduciendo en esta forma el aporte de oxígeno a los tejidos según su concentración.

2.3. Polvo en mina

Es un material sólido finamente dividido, el cual, dependiendo del tamaño de sus partículas, de su concentración y su composición, puede constituir un peligro tanto para la salud del personal como la seguridad de la operación en lo que se refiere a visibilidad entre otros.

2.3.1. Propiedades físicas del polvo

Se ha utilizado una serie de parámetros para describir o definir el polvo, siendo los más importantes los siguientes:

- Numero de partículas por unidad de volumen.
- Tamaño y distribución de las partículas.
- Masa de polvo por unidad de volumen de aire.
- Área superficial de las partículas por unidad de volumen.
- Composición química del polvo.
- Naturaleza mineralógica de las partículas.

Una de las propiedades más importantes del polvo de minas es su distribución granulométrica, suspensión en la atmósfera y la forma en que finalmente se asentaran.

La tasa de sedimentación de las partículas dependerá obviamente de la velocidad del aire de ventilación. En prácticamente toda operación minera el tamaño de partículas que nos interesa varía entre 40 y 0.5 micrones.

Se ha demostrado que las partículas que caen libremente en un medio fluido, alcanzan una velocidad constante llamada velocidad límite, para la cual la resistencia ofrecida por el fluido sobre la partícula se equilibra con la atracción gravitacional ejercida sobre esta.

2.3.2. Propiedades químicas del polvo

Las propiedades químicas de un polvo resultan de la suma de las propiedades de los elementos constituyentes individuales, junto con otras propiedades que pudieran resultar de la interacción entre dichos constituyentes.

2.3.3. Aspecto granulométrico

En lo que se refiere a la granulometría, las partículas de polvo pueden tener tamaños muy variables, en función de la energía que las sustenta. Esta energía puede ser un fuerte viento, o la fuerza de una erupción volcánica, o una voladura de rocas. En cualquier caso, las partículas de tamaños menores se mantienen sistemáticamente durante periodos de tiempo más largos que las mayores. Las más pequeñas tienen mayores "tiempos de residencia" en la atmósfera, aunque todas tienden a sedimentarse en cuanto la energía de sustentación disminuye lo suficiente o cesa.

En concreto, las de tamaño inferior a 2.5 mm presentan los mayores tiempos de residencia, con diferencia respecto a las de mayor tamaño. Esto hace que a menudo se estudie la distribución de estas partículas, que pueden tener procedencias remotas. Otra cuestión, que afecta especialmente a la salud, es que las partículas de tamaño inferior a 10 mm son capaces de alcanzar las zonas más profundas del sistema respiratorio (pulmones), mientras que las de tamaño mayor suelen quedar retenidas en el tracto respiratorio. Las menores, por tanto son susceptibles de causar mayores daños orgánicos. (Instituto de Ingenieros de Minas del Peru, 1989)

2.3.4. Aspecto composicional

La cuestión composicional tiene también una gran importancia, puesto que algunas partículas pueden producir efectos muy nocivos.

Determinados asbestos pueden producir asbestosis y la sílice, silicosis. En otros casos, contienen metales pesados susceptibles de producir enfermedades concretas: el plomo (a través de combustión de gasolinas) produce saturnismo, el mercurio produce hidrargirismo, etc.

2.3.5. Medidas preventivas recomendables

En toda operación minera deberá hacerse un esfuerzo por prevenir la presencia del polvo en suspensión, o por lo menos por mantener al personal alejado de la zona de alta producción de polvo.

Así que en general se recomienda implementar las siguientes medidas:

- Evitar que el personal ingrese a la mina, circule o permanezca en las vías de retorno de aire contaminado.
- Prevenir la formación de polvo empleando tuberías de agua en todas las operaciones que generen la formación de partículas finas.
- Mantener la roca fragmentada en condición húmeda hasta su extracción a la superficie. Para lo cual se recomienda mantener un contenido de humedad de alrededor de % en peso, empleando agua limpia para humedecer la roca.

2.3.6. Tipos de polvo

Los polvos tóxicos son productos de los minerales de Cu, Hg, As, Sb, y Pb. Clasificamos los polvos como:

- **Polvos Radioactivos.-** Son aquellos polvos de se generan en la explotación de los minerales atómicos como el Uranio.
- **Polvos Combustibles.-** Fundamentalmente el polvo generado por el carbón y los polvos productores de enfermedades ocupacionales, tales como la sílice y carbón.

2.3.7. Límites máximos permisibles

El polvo es dañino según el Art. 85 es un agente químico así mismo según el Art. 86 los límites máximos permisibles (LMP) del polvo son: polvo inhalable $10 \text{ mg} / \text{m}^3$ y polvo respirable $3 \text{ mg} / \text{m}^3$. (Instituto de Ingenieros de Minas del Peru, 1989)

2.4. Ventilación Subterránea

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior dela misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajados, la ventilación se realiza estableciendo un circuito para la circulación del aire a través de todas las labores.

2.4.1. Tipos de ventilación

Se puede clasificar en dos grandes grupos:

- Ventilación natural
- Ventilación mecánica

Dentro de los tipos de ventilación de una mina existe una ventilación mixta o combinada como es impelente y aspirante, en la impelente el ventilador impulsa el aire al interior de la mina o por la tubería, en el caso de aspirante el ventilador succiona el aire del interior de la mina por la tubería y lo expulsa al exterior, el caudal requerido será calculado:

- De acuerdo por el número de personas.
- De acuerdo por polvo en suspensión.
- De acuerdo por aumento de temperatura.
- De acuerdo por consumo de explosivos.
- De acuerdo al diseño de labor.

2.4.2. Ventilación Natural

Es el flujo natural de aire fresco al interior de una labor sin necesidad de equipos de ventilación. (Ramirez, 2005)

La ventilación depende de los siguientes factores:

- Diferencia de alturas entre bocaminas de entradas y salida, y por tanto el intercambio termodinámico que se produce entre la superficie y el interior. La energía térmica agregada al sistema se transforma a energía de presión, susceptible de producir un flujo de aire (el aire caliente desplaza al aire frío produciendo circulación).
- Diferencia de temperaturas durante las estaciones.

2.4.3. Ventilación Mecánica o Auxiliar

Es la ventilación auxiliar o secundaria y son aquellos sistemas que, haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas, empleando para ello

los circuitos de alimentación de aire fresco y de evacuación del aire viciado que le proporcione el sistema de ventilación general.

Consiste en el uso de ventiladores que son turbo maquinas utilizadas para disminuir el flujo de aire en las labores mineras o lugares confinados, con la finalidad de remover el aire contaminado, la ventaja sobre la Ventilación Natural es que se puede regular fácilmente y obtener la cantidad de aire deseada. (Ramirez, 2005) (Mallqui T, 1981)

Dividiéndose en dos tipos de sistemas ventilación mecánica, Impelente y Aspirante.

2.4.4. Requerimiento del aire

2.4.4.1. Requerimiento por el personal

El objetivo a cumplir con respecto al personal es proporcionar 3 m³/min, por cada persona debido a la exigencia que hace el reglamento de seguridad minera en el art. 49. (Nacional, 2014)

$$Q_1 = n * q$$

En donde:

Q_1 = cantidad de aire necesario para el “n” de personas (m³/min)

q = Cantidad de aire mínimo por persona

n = Número de Personas en el Lugar

Tabla 3-2 Distribución del Personal

Descripción	Cantidad
Supervisor de Mina	1
Capataz	1
Inspector de seguridad	1
Perforista	2
Ayudante Perforista	1
Mecánico	2
Topógrafo	1
Geólogo	1
Asistente de Geología	2
Electricista	2
Motorista	2
Ayudante motorista	2
Bodeguero	2
Total/Guardia	20

Fuente: *Diego Chacha*

2.4.4.2. Requerimiento por la cantidad de equipos en funcionamiento y polvo en suspensión

El criterio más acertado es hacer pasar una velocidad de aire determinado por las áreas contaminadas y arrastrar el polvo, a distintas áreas donde no cause problemas.

De acuerdo a lo establecido en el reglamento de seguridad minera en el Art. 52 indica los gases tóxicos, especialmente el dióxido de carbono y el monóxido de carbono que se encuentren en el interior de las minas, no deberán exceder del 0.5 % y 0.1% respectivamente. (Nacional, 2014)

Así también la ventilación en los espacios indicados deberá cumplir con el promedio de velocidad del aire en todo lugar de trabajo que no será inferior a 15 m³/min de aire establecido en el Art. 50. (Nacional, 2014)

Se puede utilizar el cálculo de polvos desprendidos por el laboreo de máquinas, o también por las máquinas que consten con un motor de combustión.

$$Q_2 = K * N$$

En donde:

Q_2 = Cantidad necesaria para partículas desprendidas de equipos

K= Cantidad Necesaria por cada Operador

N= Numero de equipos operando autorizados que trabajan en la mina.

2.4.4.3. Requerimiento por consumo de explosivos

Toma en cuenta la formación de productos tóxicos por la detonación de explosivos, el tiempo que se estima para despejar las galerías de gases y la cantidad máxima permitida, según normas de seguridad de gases en la atmosfera. (Mallqui T, 1981)

El cálculo se basa en dos valores:

- Formación de 0.040 m³ de productos tóxicos por la voladura de 1 Kg., de explosivo.

- Tiempo de ventilación no mayor de 30 min. Con excepción de explosivos en masa; ósea el tiempo dentro del turno, que gasta el minero en regresar al frente después de haber realizado la voladura.

De acuerdo a algunos reglamentos de seguridad, los productos tóxicos de la explosión deben ser diluidos a no más de 0.008% en volumen, entonces se obtendrá que caudal del aire por llevar al frente de trabajo debe ser:

$$Q = \frac{100 * a * A}{0.008 * t}$$

En donde:

A = Cantidad de explosivo en la voladura en Kg.

a = 0.040 m³/Kg.

t = Tiempo de pausa entre la voladura y el regreso al frente o tiempo de ventilación en minutos.

Q = cantidad de aire necesario en m³/min.

2.4.4.4. Requerimiento para mantener óptimas condiciones ambientales

De acuerdo a lo establecido en el reglamento de seguridad en el Art. 49 nos indica que en todas las labores subterráneas deberá mantenerse un flujo de aire limpio y fresco suficiente en relación con el número de personas y las operaciones que se ejecuten en su interior. Y el concepto de temperatura efectiva es el resultado de la combinación de tres factores: temperatura, humedad relativa y velocidad de aire que expresa un solo valor de grado de confort termo ambiental. (Mallqui T, 1981)

Esta fórmula está realizada para mantener un ambiente de trabajo adecuado que no afecte al trabajador lo cual le permitirá un mejor rendimiento y por sobre todo cuidar su salud.

$$Q_4 = V * n * A$$

En donde:

Q_4 = Cantidad de aire para mantener condiciones ambientales Ideales

V = Velocidad del aire usando valores de T_1 (9ms/min)

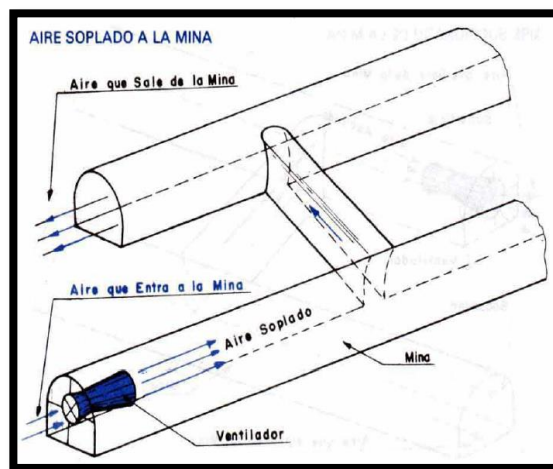
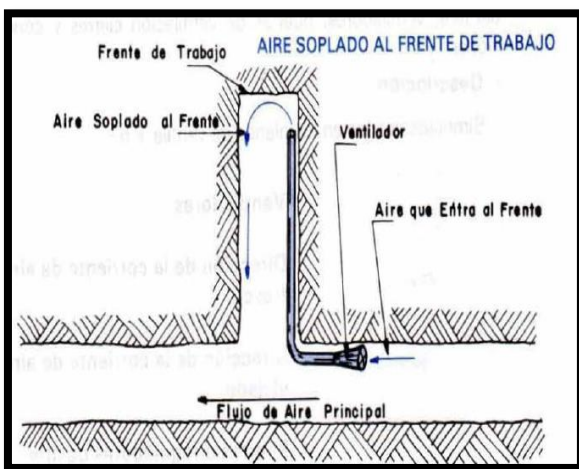
N = Numero de niveles a trabajar con temperaturas elevadas

A = área promedio de la sección de labor

2.4.5. Sistemas de Ventilación

2.4.5.1. Sistema Impelente

Como su palabra mismo lo dice impelente es impulsar el aire de la atmosfera hacia el AIRE viciado y así por mezcla de aire se disminuya la composición de estos gases, así mismo por efecto invernadero el aire puro ira ocupando el lugar del gas vaciado, se recomienda este método solo para cruceros principales los cuales no tengan muchas ramificaciones, (menores a 400m y de 3 x 3 metros de sección).



2.4.5.2. Características del Sistema Impelente

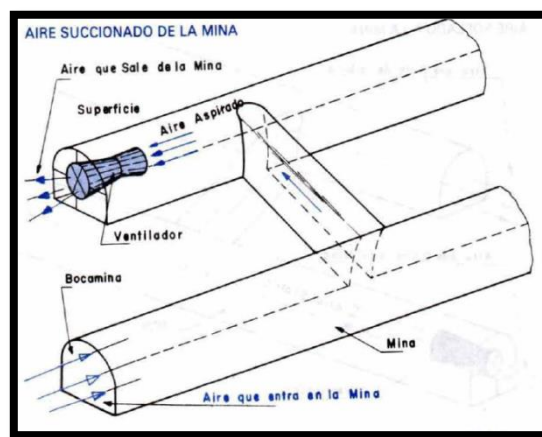
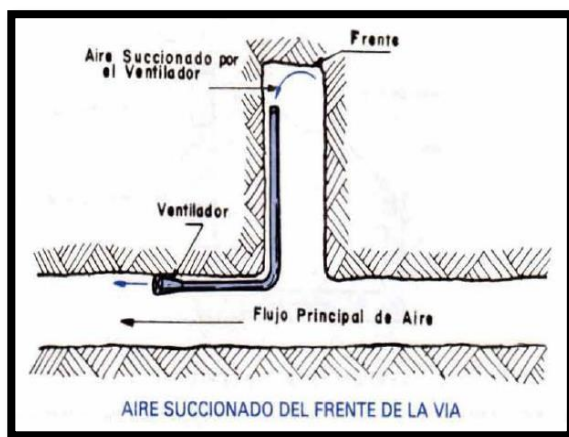
Barrido del frente en un sistema impelente la distribución de las líneas de flujo hace que la corriente de aire fresco sea efectiva a mayor distancia desde la salida del conducto que en el sistema aspirante. En frentes con gas, esta corriente causa una mezcla turbulenta con el gas y evita la estratificación de este.

Ambiente de trabajo y polvo, la velocidad de la corriente de aire incidente produce un efecto refrigerador en el frente. Por otra parte, esta velocidad, da lugar a una suspensión y dispersión del polvo, por lo que en el caso de ambientes muy polvorientos será necesario acoplar un ventilador de refuerzo aspirante. La misión de este ventilador será retirar del frente y llevarlo a un decantador.

Conductos de ventilación del sistema permite el uso de conductos flexibles no reforzados para cumplir con el caudal calculado, que tienen una superficie lisa. Estos conductos son más baratos y manejables y presentan una menor resistencia al paso del aire. (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 1989)

2.4.5.3. Sistema Aspirante

Se trata de aspirar el aire contaminado o viciado a través de turbinas las cuales pueden ser centrífugas, axiales, para su mejor funcionamiento se recomienda los centrífugos ya que se les puede acondicionar una manga la cual puede reunir todo el caudal dentro y centralizarlo a un solo lugar, y así efectivizar la extracción de gases viciados e incluso hacerlo en menor cantidad de tiempo, (menores a 400m de longitud y de 3 x 3 metros de sección).



2.4.5.4. Características del Sistema Aspirante

El aire fresco entra a través del conducto, de sección reducida que la Galería, luego su velocidad y turbulencia será mucho mayor, y su mezcla con el gas emitido por la galería y el frente mucho más pobre, además según el aire fresco entrante en el sistema aspirante se aproxima a la toma de aire

del conducto, el flujo tiende a moverse hacia ella, creando el potencial para la formación de zonas de aire estático en el frente. Por este motivo, un sistema aspirante por sí solo no es capaz, en general, de garantizar un buen barrido del frente, si este es de gran sección o si la tubería de aspiración no está situada en el mismo frente. Por ello, es conveniente adoptar una solución mixta con un ventilador de refuerzo impelente que cree una turbulencia adecuada para garantizar la dilución del gas.

En el ambiente de trabajo la velocidad de la corriente de aire incide es menor con lo que disminuye el efecto refrigerador en el frente. La suspensión y dispersión del polvo es también menor. Además debe considerarse que este ventilador retira el polvo del frente.

El gas generado en el frente circula por la tubería, mientras que por otro conducto circula el aire limpio. Este argumento, parece que inclinara la balanza hacia la ventilación aspirante en el caso de frentes con mucho gas. Pero ha de considerarse que el gas debe circular por la tubería de ventilación y a través de los ventiladores secundarios, el sistema requiere un conducto rígido o un conducto flexible reforzado mediante espiral.

Impelente con apoyo aspirante, forma parte de los sistemas mixtos, también llamado sistema solapado, utiliza un ventilador auxiliar de refuerzo, situado frente a la labor, y con un tramo de conducto de poca longitud. Estos sistemas combinan las ventajas de cada sistema, consiguiendo el mejor efecto de ventilación en situaciones concretas de minería. Son posibles dos configuraciones en función de que la línea principal sea la aspirante o la impelente, una línea impelente con solape aspirante consta de un sistema impelente principal con una instalación auxiliar aspirante, cuya función por lo general es la de recoger y evacuar el polvo generado del frente.

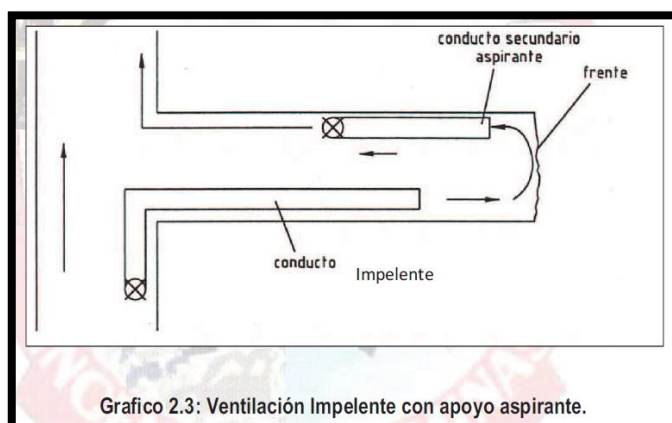
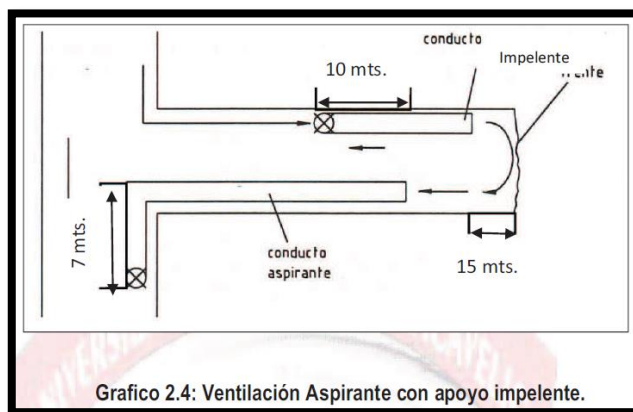
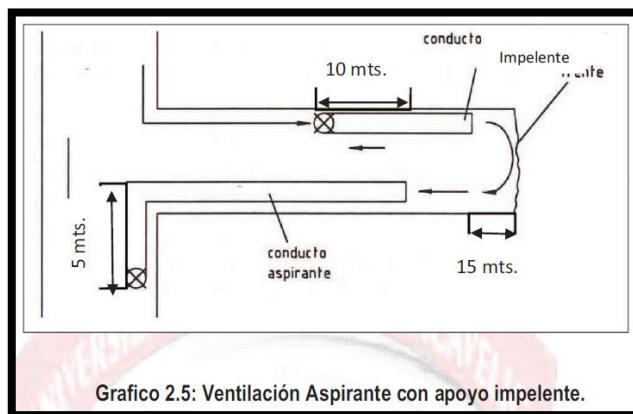


Grafico 2.3: Ventilación Impelente con apoyo aspirante.

Aspirante con apoyo impelente, un aspirante son solape impelente tendra el esquema opuesto, y la funcion del ventilador auxiliar derefuerzo (impelente) es precisamente la de asegurar un buen barrido del frente.



La ventilación aspirante, estara diseñada de forma que tome en dicho fondo de saco, en el frente, unos $\frac{2}{3}$ del caudal se ha calculado, de forma que el $\frac{1}{3}$ restante regrese por el fondo de saco hacia la corriente de ventilacion pincipal, limpiando o arrastrando a su paso los humos y gases que se generan por el disparo, de esta forma conseguimos aire limpio en el frente ya que el humo y gases del disparo no va hacia los trabajadores, se diluyen de todas formas los humos y con mayor efectividad, se evita, como ocurre en muchas ocasiones que la velocidad del aire en el fondo de saco sea practicamente nula en zonas alejadas del frente, se disminuye la temperatura, aumentan las condiciones del confort de los trabajadores, aumentando su rendimienmo de trabajo. (Instituto de Ingenieros de Minas del Peru, 1989)



2.5. Labores subterráneas

2.5.1. Labor minera

Es cualquier hueco o acceso excavado para llegar al yacimiento, enlazarlo con la superficie, dividirlo en secciones de forma y tamaño normalizado para arrancar el material de manera ordenada, segura y económica. En otras palabras son aquellas técnicas necesarias que se construyeron para la explotación de minerales útiles, tomando en cuenta que se debe desarrollar un conjunto de operaciones que nos permitan realizar el arranque, carguío y transporte del mineral. (Fritzsche, 1965)

2.5.2. Tipos de labores mineras

2.5.2.1. Galería

Es una labor de excavación horizontal, o poco inclinada.

Sus funciones son:

- Labor de acceso al depósito mineral, para el personal, herramientas, materiales, equipos, maquinarias y otros.
- Reconocer la continuidad del yacimiento.
- Como paso para las diversas conducciones necesarias para el funcionamiento de la mina, energía eléctrica, aire comprimido y desagüe.

2.5.2.2. Crucero

Es una labor de excavación horizontal o poco inclinada diseñada y ejecutada en la etapa de operación, para comunicar una labor con otra, así como también se utiliza este tipo de labores en etapas de exploración.

2.5.2.3. Socavón

Es una galería o crucero de acceso, horizontal o casi horizontal, que se abre en el propio yacimiento mineral desde la superficie.

2.5.2.4. Pique o pozo minero

Es una labor de acceso vertical o inclinada, que parte de un nivel superior o de la superficie y la comunica con el yacimiento.

Sus funciones son:

- Dar entrada a las labores de preparación y explotación.
- Sirve como paso para las diversas conducciones necesarias para el funcionamiento de la mina; energía eléctrica, aire comprimido y desagüe.

2.5.2.5. Chimenea principal

Es una excavación vertical o inclinada construida desde un nivel inferior a uno superior con la finalidad de transportar material.

2.5.2.6 Chimenea camino

Es una excavación vertical o inclinada construida desde un nivel inferior a uno superior.

Sus funciones son:

- Acceso para el personal.
- Sirve para el acceso de materiales, personas, equipos, herramientas, etc.
- Sirve como paso para las diversas conducciones; energía eléctrica, aire comprimido, etc.

2.5.2.7. Tolva

Es una estructura diseñada y construida en la chimenea principal cuyo fin es controlar la extracción y caída del material para su transporte continuo.

2.5.2.8. Subnivel o sobre-nivel

Es una labor de preparación que se elabora previo a realizar la explotación del mineral.

2.5.2.9. Ventanilla

Es una labor de preparación que tiene como función principal dar inicio un nuevo corte de mineral, sirve como un área de seguridad o descanso para el personal y además se utiliza para dejar los equipos de perforación.

2.5.2.10. Tajo

Es un método o labor diseñada y utilizada en la explotación de yacimientos de espesores uniformes con inclinación pequeñas a moderadas, que necesariamente desemboca en una chimenea o pique, con el objetivo de explotar el mineral.

2.5.2.11. Parrilla de seguridad

Son estructuras que pueden ser metálicas o de madera y tienen como función principal garantizar una área segura y de descanso para el tránsito del personal.

2.5.2.12. Pilar de sostenimiento

Son bloques secundarios del mineral de una medida de 2 m de ancho x 2.50 m de alto, que tienen como función principal sostener el relleno para que este no descargue todo su peso en el puente de seguridad y colapse la galería.

2.5.2.13. Puente de seguridad

Se entiende como puente de seguridad al pilar de sostenimiento que se deja cuando se empieza a armar el tajo, este tiene la longitud del tajo y un alto de 3 mts. Además es el principal sostenimiento que tiene el bloque.

2.5.3. Esquema de las labores subterráneas

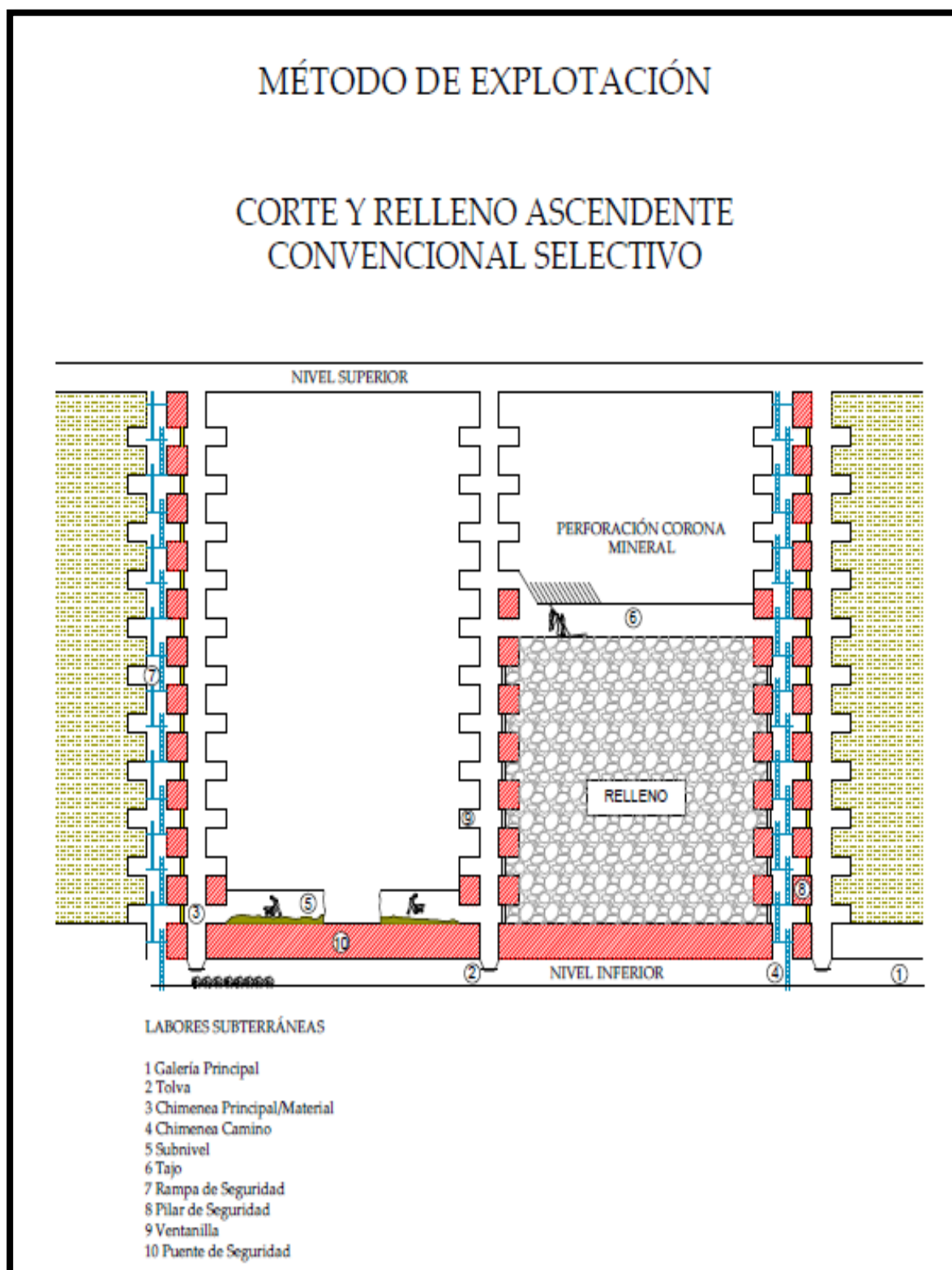


Figura 8-2 Método de Explotación labores subterráneas

2.5.4. Método de explotación

2.5.4.1. Descripción del método de explotación

El método de explotación es corte y relleno ascendente convencional con relleno detrítico, es un método donde el estéril y el mineral (veta) son arrancados en franjas horizontales por separado, empezando por la parte inferior del tajo y avanzando verticalmente hacia arriba.

Como labores de preparación a partir de la galería se construyen chimeneas cada 30 metros de distancia, tanto para accesos al tajo, ore pass y ventilación, en el que su avance es de forma gradual como ascienda el tajeo; dejando un pilar de seguridad de 3 metros sobre la galería inferior (nivel 0) se construye un subnivel de explotación que comunique las dos chimeneas.

Se utilizarán máquinas perforadoras Jack – leg con pie de avance para perforaciones verticales y horizontales con taladros de 6 pies de profundidad y un ancho de minado entre 0.80 m y un máximo de 1.0 m dependiendo del buzamiento y espesor de la veta, desarrollándose hasta dos cortes dependiendo como se vaya comportando el macizo rocoso.

La explotación comienza extrayendo una franja horizontal completa de estéril pero dejando la veta colgada al piso. Posteriormente se dispara la veta colgada y se extrae manualmente con carretillas por las chimeneas trasiego. Se realiza un segundo corte en estéril donde gran parte del material estéril roto se deja como relleno hasta una altura que posibilite perforar nuevamente y se extrae hacia el echadero el excedente formado por el incremento en el volumen de la masa rocosa después del disparo (esponjamiento). Una vez nivelado el piso se procede a realizar la perforación y voladura en veta, para ello se coloca geomembrana en el piso para que no se diluya el mineral con el estéril del piso. El mineral roto se extrae por la chimenea trasiego hasta la tolva y posteriormente es transportado a superficie por medio de la locomotora a la tolva de gruesos, para su posterior proceso de trituración.

De esta manera se realiza la extracción del mineral y desmonte del tajo. La cual se repetirá hasta llegar al nivel superior del block. (Gutierrez Hajar, 2014)

2.5.4.2. Descripción de la mitigación del polvo en el frente de trabajo con agua

Para la mitigación del polvo en el frente de trabajo, una vez culminada la etapa de perforación y disparo de la cuña, se mantiene abierta la manguera de aire para acelerar la evacuación de gases y una vez que los mineros lleguen al frente de trabajo se moja el contorno de la galería en el frente de trabajo con la finalidad de asentar el polvo, mejorar la visibilidad y detectar alguna roca suelta.

Culminado este proceso el personal encargado de la seguridad de la mina hace la lectura de la temperatura, cantidad de gas, además de otros factores que intervienen y es el único que puede autorizar al personal para que ingrese al frente de trabajo.

2.5.4.3. Dimensiones del Tajo

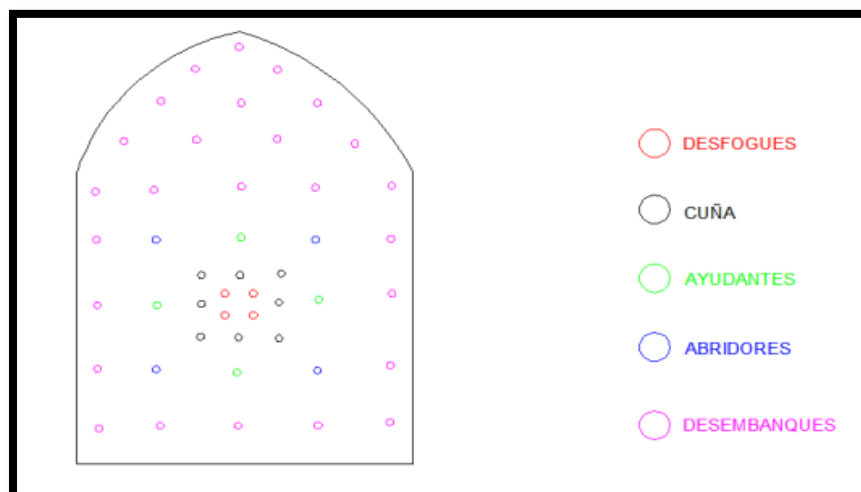
- Longitud: 30m y Altura: 70m
- Potencia de la veta: 0.19m

- Inclinación: mayor a 60°

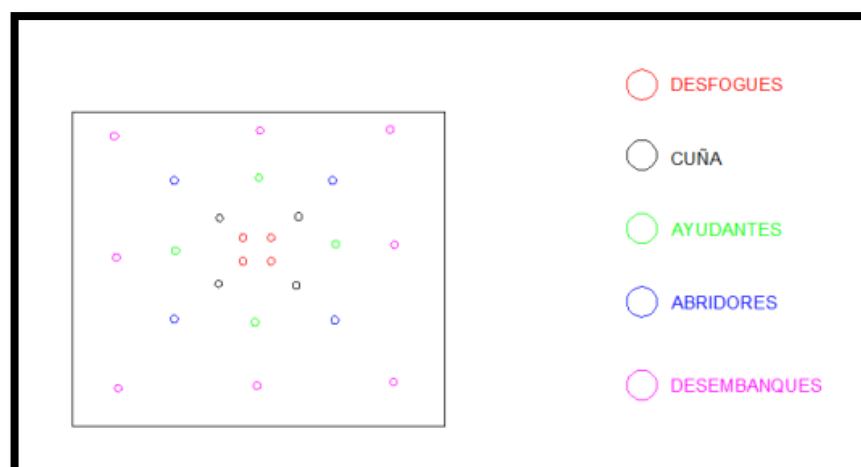
2.5.4.4. Preparaciones

Para la preparación de los tajos se trabajaran con las siguientes dimensiones:

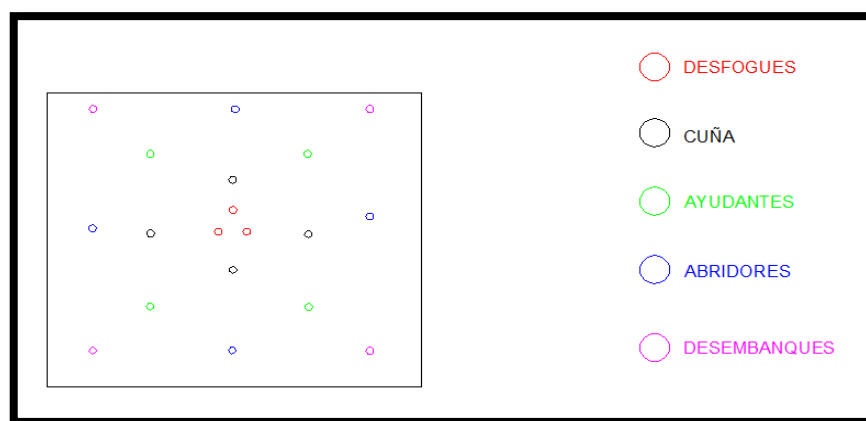
- Galerías Principales (2m x 2.50m)



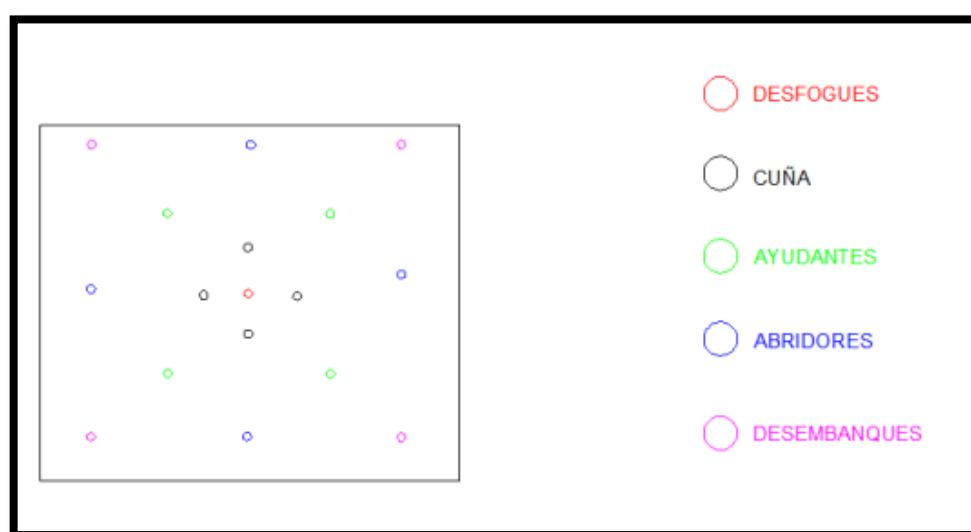
- Chimeneas de acceso (1,80m x 1,20m)



- Ventanillas (1,50m x 1,20m)



- Subniveles (1,50m x 3 m)



2.6. Descripción del equipo técnico.

2.6.1. Descripción técnica sistema eléctrico interior mina

En los siguientes cuadros se especifica las características técnicas de los elementos que intervienen en la alimentación de energía eléctrica para interior mina:

Tabla 4-2 Ficha técnica de Transformador Trifásico 1500 Kva

FICHA TECNICA				
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO				
EQUIPO:	Transformador Trifásico 1500 Kva			
MARCA:	Moretran	UBICACIÓN:	Área de Maquinas	
MODELO:	EBTPO632	AÑO:	2013	
SERIE:	113902	PROCED:	ECUADOR	
FUNCION:	Energiza la parte alta del campamento			
SISTEMA ELECTRICO				
VOLTAJES:	480/277		POTENCIA: HP(KW)	1608.5(1200)
AMPERAJES:	1804.02		FECUENCIA:	60 HZ
CIRCUITO:	Area de Maquinas		TRANSFORMADOR:	113902 - 1500 Kva
FASES:	3-N		OBSEVACIONES: Se alimenta desde un seccionamiento y se conecta dos armarios	
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN				
Panel principal de transferencia				
3 seccionadores				
Armario de energia reactiva				
ESTD. ACTUAL:	BUENO			

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.

Tabla 5-2 Ficha técnica de Transformador Trifásico 1500 Kva

FICHA TECNICA				
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO				
EQUIPO:	Armario de transferencia principal			
MARCA:	OSEMCO	UBICACIÓN:	Área de Maquinas	
MODELO:	EPO654	AÑO:	2013	
SERIE:	515502	PROCED:	Corea	
FUNCION:	Cambiar la fuente de alimentación de una a otra (CNEL-GENERADOR)			
SISTEMA ELECTRICO				
VOLTAJES:	480 V	POTENCIA: HP(KW)	1423.5(1662)	
AMPERAJES:	1600 A	FECUENCIA:	60 HZ	
CIRCUITO:	Área de Maquinas	TRANSFORMADOR:	113902 - 1500 Kva	
FASES:	3-N			
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN				
Breakers 500 A (Transf. Mina 1250 Kva)		Breakers 225 A (Transf. Seco 112.5 Kva lavanderia)		
Breakers 400 A (compresor Alup)		Breakers 225 A (Transf. Seco 112.5 Kva talleres)		
Breakers 350 A (compresor sullair)		Breakers 200 libre		
Breakers 350 A (compresor sullair)		Breakers 150 libre		
Breakers 350 A (compresor sullair)		Breakers 30 libre		
ESTD. ACTUAL:	BUENO			
OBSEVACIONES: Este equipo se encuentra por debajo de la capacidad del trasformador al que se conecta, se sobrecalentara de aumentar carga, se dispone en bodega principal de una transferencia de 2500 A para su respectivo cambio.				

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.

Tabla 6-2 Ficha técnica de Grupo Electrónico

FICHA TECNICA				
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO				
EQUIPO:	GRUPO ELECTROGENO		RPM:	1800 rev/min
MARCA:	STEMAC	UBICACIÓN:	Área de Maquinas	
MODELO:	SR 4B	AÑO:	2005	
SERIE:	AERO 1118	PROCED:	FECORSA	
FUNCION:	Generar energía eléctrica en caso de fallo del sistema de red eléctrica			
SISTEMA ELECTRICO				
VOLTAJES:	220/380/480 V		POTENCIA: HP(KW)	1.515 Kva
AMPERAJES:	3.976 A		FECUENCIA:	60 HZ
CIRCUITO:	Área de Maquinas		TRANSFORMADOR:	.....
FASES:	3-N		CONEXIÓN:	12 Cables
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN				
Motor Mitsubishi 11984				
Generador Weg GTA 403AEXJ				
Panel de Mando Celda Schnelder				
ESTD. ACTUAL:	BUENO			
OBSEVACIONES: Instalado el 02/04/2015				

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.

2.6.2. Descripción técnica del aire comprimido para interior mina

En los siguientes cuadros se especifica las características técnicas de los elementos que intervienen en la alimentación de aire comprimido para interior mina:

Tabla 7-2 Ficha técnica de Compresor de 900 CFM

FICHA TECNICA				
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO				
EQUIPO:	COMPRESOR 900 CFM			
MARCA:	Alup	UBICACIÓN:	Área de Maquinas	
MODELO:	CMBH	AÑO:	2010	
SERIE:	ALF 154323	PROCED:	ALEMAN	
FUNCION:	Generar aire comprimido para interior mina			
SISTEMA ELECTRICO				
VOLTAJES:	440 V		POTENCIA: HP(KW)	221 (165.39)
AMPERAJES:	256 A		FECUENCIA:	60 HZ
CIRCUITO:	Área de Maquinas		TRANSFORMADOR:	113902-1500 Kva
FASES:	3		CONEXIÓN:	Estrella-Triangulo
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN				
Motor ABB principal 160Kw				
Motor de Enfriamiento 4.2 amp				
Armario de arranque estrella-triangulo				
ESTD. ACTUAL:		BUENO		
OBSEVACIONES: Se conecta al armario de distribución principal				

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.

Tabla 8-2 Ficha técnica de Compresor de 800 CFM

FICHA TECNICA				
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO				
EQUIPO:	COMPRESOR 800 CFM			
MARCA:	SULLAIR	UBICACIÓN:	Área de Maquinas	
MODELO:	TS20	AÑO:	.....
SERIE:	2009080625	PROCED:	Michigan U.S.A.	
FUNCION:	Generar aire comprimido para interior mina			
SISTEMA ELECTRICO				
VOLTAJES:	460 V	POTENCIA: HP(KW)	200 (150)	
AMPERAJES:	242 A	FECUENCIA:	60 HZ	
CIRCUITO:	Área de Maquinas	TRANSFORMADOR:	113902-1500 Kva	
FASES:	3	CONEXIÓN:	Estrella-Triangulo	
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN				
Motor principal Weg 200 HP				
Motor de Enfriamiento 7.5 HP				
Armario de arranque estrella-triangulo				
ESTD. ACTUAL:	BUENO			
OBSEVACIONES: Se conecta al armario de distribución principal				

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.

2.6.3. Descripción técnica de la turbina de extracción principal

En la siguiente tabla se especifica las características técnicas de la turbina principal que cumple la función impelente-aspirante para interior mina.

Tabla 9-2 Ficha técnica de turbina de 75hp

FICHA TECNICA					
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO					
EQUIPO:	TURBINA PRINCIPAL 30000 CFM			RPM:	3600 rev/min
MARCA:	WEG	UBICACIÓN:	Crucero Viviana		
MODELO:	VAV GOG7522	AÑO:	.....	DIAMETRO INTERNO:	31"
SERIE:	VO19	PROCED:	PERU	DIAMETRO EXTERNO:	34"
FUNCION:	Extracción de Gases y Ventilación de Mina				
SISTEMA ELECTRICO					
VOLTAJES:	440 V	POTENCIA: HP(KW)			75 (18.7)
AMPERAJES:	86.5 A	FECUENCIA:			60 HZ
CIRCUITO:	Cabina #1 - Área de Maquinas	TRANSFORMADOR:			Banco 100 Kva
FASES:	3 - T	CONEXIÓN:			Variador de Velocidad
LARGO:	4 mts.	VOLUMEN:			1090 m³/min
CONSUMO:	96 a 85 A	MOTOR:			TRIFASICO
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN					
Iluminación 2 Focos (línea principal)					
ESTD. ACTUAL:	BUENO				
OBSEVACIONES: Se conecta al armario principal de la cabina # 1					

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.



Figura 9-2 Turbina de 75 hp

2.6.3.1. Recomendaciones para funcionamiento Interior mina

- Realizar mantenimientos preventivos mínimo 1 vez por año
- No alojarla en un lugar húmedo
- Revisar sus hélices preventivamente una vez cada 3 meses.
- Verificar que nadie se encuentre cerca al momento de encender.

El porcentaje de pérdida por fricción de la turbina que se debe a trabajo recorrido y clima es de un 10% como máximo.

Calculo de CFM.

$$CFM = (H * R^2) * [(ANCHO/2)(RPM * \#aspas/1728min)]$$

En donde:

Ancho= 29"

Largo= 4 m

#h= 9 unid

R= 15"

Øh= 10

$$CFM = (3.1416 * (7)^2) * [(29"/2)(3600 * 9/1728min)]$$

$$CFM = (3.1416 * 49) * [(15.5)(32400/1728min)]$$

$$CFM = (153.9) * [(15.5)(18.75)]$$

$$CFM = (153.9) * (290.625)$$

$$CFM = 44727.2 - 14\%$$

$$CFM = 38465 = 1090 \frac{m^3}{min}$$

La pérdida arrastre es de un 14% el cual esta detallado , los 1728 min la cual es una constante que es determinada debido a la inclinación de las aspas o hélices y al volumen de aire arrastrado .

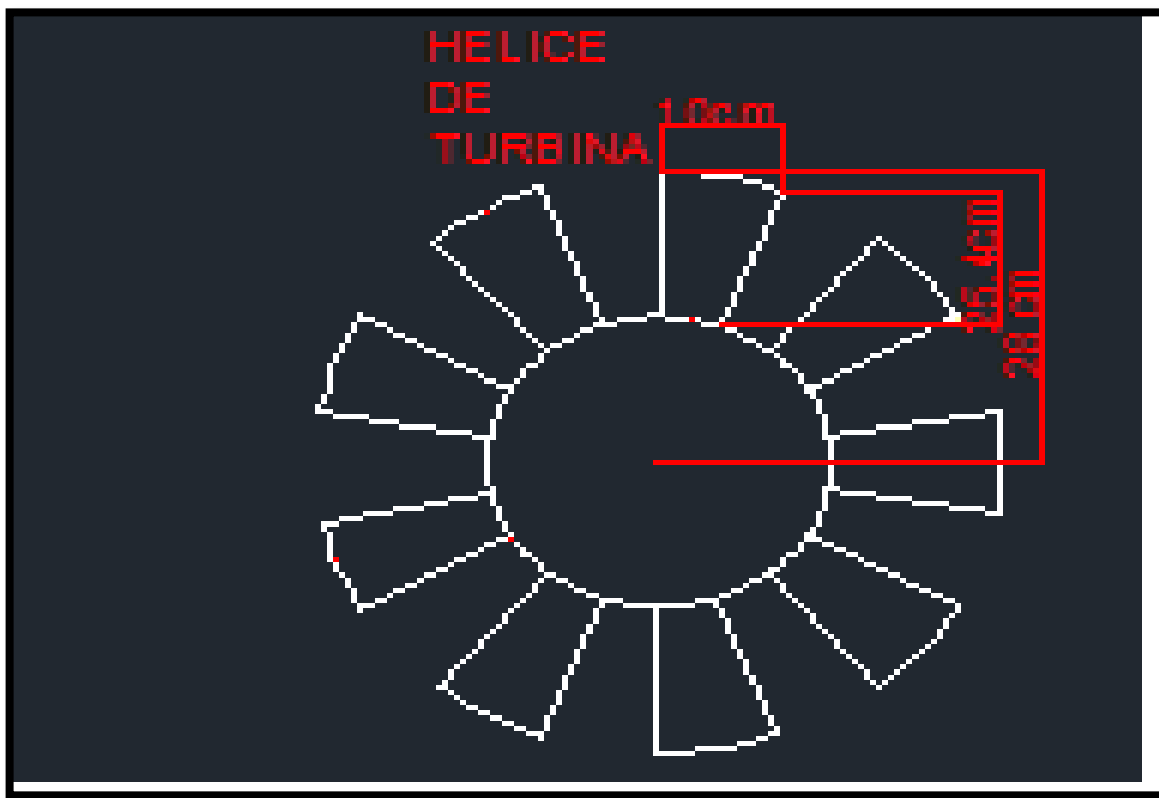


Grafico N° 10 Hélice de Turbina

2.6.4. Descripción técnica de la turbina de extracción secundaria

En la siguiente tabla se especifica las características técnicas de la turbina secundaria que cumple la función de extraer el gas producido en interior mina.

Tabla 10-2 *Ficha técnica de Turbina de 5 hp*

FICHA TECNICA					
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO					
EQUIPO:	TURBINA 8000 CFM			RPM:	3495 rev/min
MARCA:	AMERIC	UBICACIÓN:	Crucero 557		
MODELO:	VAF - 8000	AÑO:	2013	DIAMETRO INTERNO:	22"
SERIE:	NOMAFB34	PROCED:	.....	DIAMETRO EXTERNO:	24"
FUNCION:	Evacuar los Gases de Mina				
SISTEMA ELECTRICO					
VOLTAJES:	220/440 V		POTENCIA: HP(KW)		5 HP
AMPERAJES:	12.8/6.4 A		FECUENCIA:		60 HZ
CIRCUITO:	Cabina #1		TRANSFORMADOR:		150 Kva
FASES:	3		CONEXIÓN:		ESTRELLA
LARGO:	1.10 mts.		VOLUMEN:		203 m³/min
CONSUMO:	8 a 6.5 A		MOTOR:		TRIFASICO
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN					
Caja metálica 30x20x20					
Contactor 18A					
Breakers 32A					
Relay Térmico					
Selector					
ESTD. ACTUAL:		BUENO			
OBSEVACIONES: Trabaja en el frente del Crucero 557					

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.

2.6.4.1. Recomendaciones para funcionamiento Interior mina

- Realizar mantenimientos preventivos mínimo 1 vez por año
- No alojarla en un lugar húmedo
- Revisar sus hélices preventivamente una vez cada 3 meses.
- Verificar que nadie se encuentre cerca al momento de encender.
- Utilizar las mangas adecuadas.

Teniendo un en bodega tres turbinas de 220volt. Por instalar de las mismas características, se recomienda cambiar las conexiones a 440 volt para un funcionamiento eficaz y evitar gastos en transformadores.

Teniendo en funcionamiento 4 turbinas en interior mina ubicadas de la siguiente manera.

- Nivel 0 Mary sur 1 turbina de 8000 CFM
- Armico Turbina Central ubicada sector Armijo de 38465 CFM
- Katty Nivel 20 Ch 10



Figura11-2 Turbina de 5 hp

2.6.5. Descripción técnica de la manga de ventilación

En la siguiente tabla se especifica las características técnicas de la manga de ventilación que cumple la función de centralizar, direccionar y extraer el gas producido en interior mina.

Tabla 11-2 Ficha técnica de la manga de ventilación de 22"

FICHA TECNICA					
DESCRIPCION DE MAQUINARIA Y EQUIPO					
EQUIPO:	MANGA DE VENTILACION			RPM:	-----
MARCA:	TIGRE	UBICACIÓN:	Crucero 557		
MODELO:	JL – 700 FR	AÑO:	2010	DIAMETRO INTERNO:	22"
SERIE:	SLC-1250	PROCED:	.....	DIAMETRO EXTERNO:	22"
FUNCION:	Evacuar los Gases de Mina				
CARACTERISTICAS					
MATERIAL:	TIGRE LONA RIP STOP JL-700FR		POTENCIA: HP(KW)		5 HP
FASES:	4		CONEXIÓN:	UNION CREMALLERA CON FAJA DE AJUSTE	
LARGO:	1200 m		VOLUMEN:	203 m³/min	
CONSUMO:			MOTOR:	TRIFASICO	
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN					
Anillos de acero torcionado					
Unión cremallera					
Tableros de arranque					
Faja de ajuste					
Selector					
ESTD. ACTUAL:		BUENO			
OBSEVACIONES: Trabaja en el frente del Crucero 557					

Fuente: Dpto. Técnico Produmin S.A.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Ámbito de estudio.

Cantón: Ponce Enríquez

Provincia: Azuay

Región: Sierra

3.2. Tipo de investigación.

Pertenece al tipo básico experimental.

3.3. Nivel de Investigación.

El nivel de la investigación es Descriptivo.

3.4. Método de la Investigación.

3.4.1. Método General

El método de la investigación es descriptivo debido a que se pudo determinar las características de los fenómenos observados en el área de estudio con detalles, también se utilizó para el estudio los métodos inductivo y deductivo para sistematizar el marco teórico.

3.4.2. Método Específico

El método es experimental. El método experimental es un proceso lógico, sistemático que corresponde a una incógnita, ¿si esto es dado bajo condiciones cuidadosamente controladas; que sucederá?

Así mismo se llevara a cabo un método estadístico el mismo que describen los datos y características de la población o fenómeno de estudio. Este nivel de investigación responde a las preguntas: quien, que, donde, cuando y como.

3.5. Técnicas y equipos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

Las técnicas utilizadas en el estudio fueron:

- La observación directa relacionada con cada una de las variables investigadas.
- Equipos topográficos para el dimensionamiento de las galerías para determinar el volumen.
- Equipos de medición para evaluar el aumento de temperaturas.
- Equipo para la determinación de concentración de gas y polvo.

3.5.2. Equipos o Instrumentos

Los equipos usados para la recolección de datos son:

- Estación total Sokia CX 105
- Brújula de Geólogo
- Anemómetro con Paletas
- Computadora
- Cámara fotográfica
- Software aplicativo (Sokia)
- Graficadores: Autocad y Excel, etc.

CAPITULO IV

ANALISIS Y RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del sistema de ventilación actual.

Cuenta con un sistema de ventilación forzada no planificada, solo cuenta con 2 turbinas portátiles que no se encuentran ubicadas con los debidos parámetros necesarios para un sistema de ventilación y mangas de ventilación que no están bien instaladas además de una turbina principal ubicada en el crucero principal lo que da como resultado una ventilación deficiente.



Figura 12-4 Galería sin ventilación con presencia de gas

El caudal de aire forzada es la cantidad de aire que ingresa a la mina y sirve para ventilar labores, cuya condición debe ser que el aire fluya de un modo constante y sin interrupciones, el movimiento de aire se produce cuando existe una alteración del equilibrio, diferencia de presiones entre la entrada y salida de un ducto, inducido por medios mecánicos.

El aire viciado es el que trata de evacuar de la mina por medio de la ventilación principal, el aire viciado está cargado de gases nocivos, humos, vapor de agua y polvo, este aire es resultado de las diferentes trabajos que existen en el interior de la mina, el uso y manipulación de los explosivos, polvo generado en los diferentes trabajos que se realizan, para obtener una corriente de aire se precisan: entrada de aire, salida de aire y una diferencia de presión. La corriente de aire va hacia donde la presión es menor.



Figura 13-4 Crucero sin ventilación con presencia de gas

4.2. Esquema de ventilación actual.

Este esquema de ventilación nos indica cual es la trayectoria que sigue el aire comprimido con el que se ventila las labores de preparación, operación, desarrollo y exploración en tajos, una vez culminada la etapa de perforación seguida de la etapa de carga de explosivos se deja abierta la tubería de aire para que al momento de la voladura los gases emitidos sean diluidos por el aire comprimido y sea más cómodo para los mineros el ingreso a los diferentes frentes de trabajo.

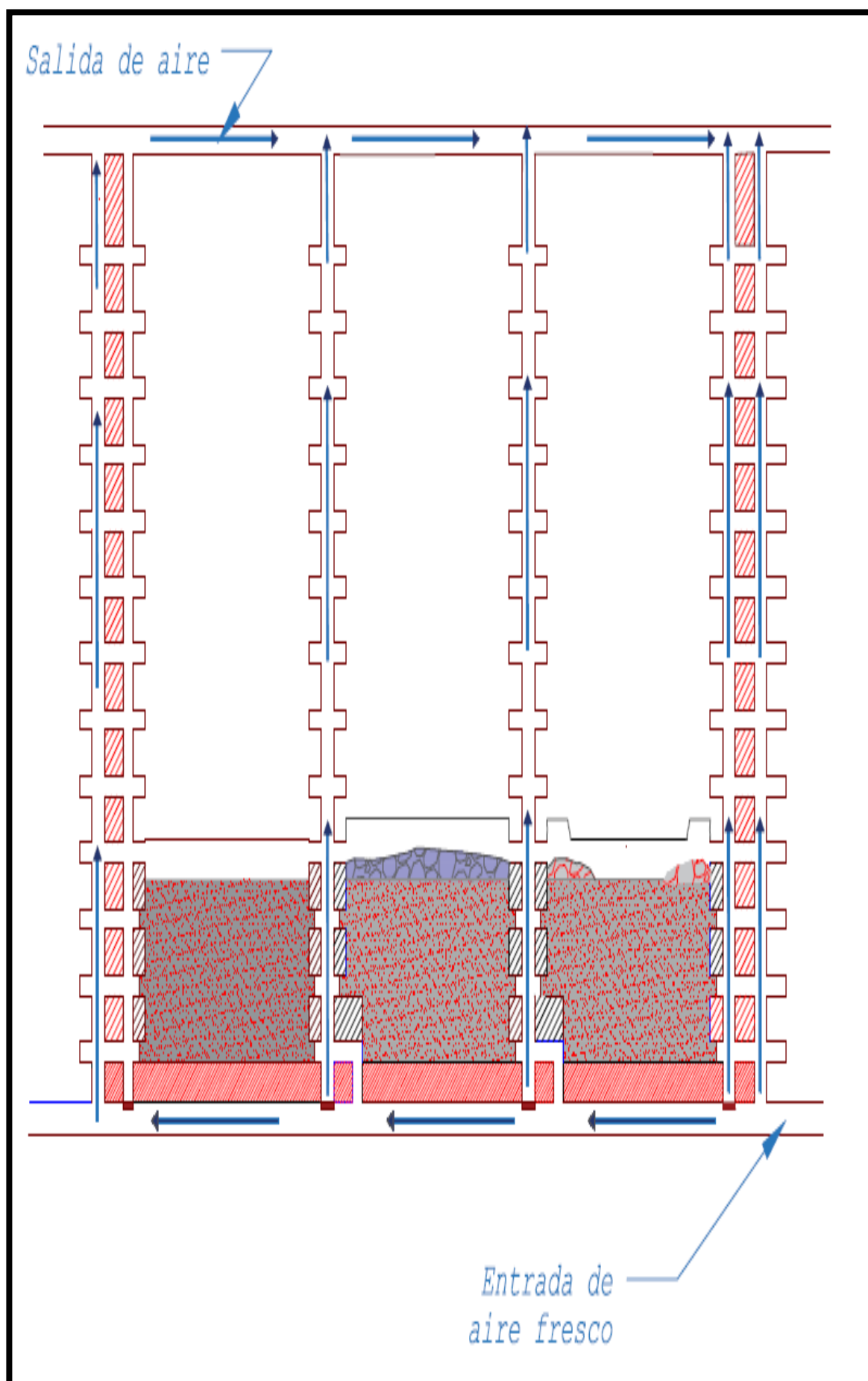


Figura 14-4 Esquema de Ventilación Actual

4.3. Requerimiento de aire por el personal

$$Q_1 = n * q$$

En donde:

Q_1 = cantidad de aire necesario para el “n” de personas (m^3/min)

q = Cantidad de aire mínimo por persona

n = Número de Personas en el Lugar

$$Q_1 = 3 \frac{m^3}{min} * 20$$

$$Q_1 = 60 \frac{m^3}{min}$$

4.4. Requerimiento de aire por la cantidad de equipos en funcionamiento y polvo en suspensión

Se trabaja con 10 perforadoras neumáticas una cantidad de 25 personas entre perforistas, ayudantes y pateros.

Los gases producidos por fricción de Co_2 es de $=0.25ppm$

$$Q_2 = K * N$$

En donde:

Q_2 = Cantidad necesaria para partículas desprendidas de equipos

K = Cantidad Necesaria por cada Operador

N = Numero de equipos operando autorizados que trabajan en la mina.

$$Q_2 = 3 \frac{m^3}{min} * 10$$

$$Q_2 = 30 \frac{m^3}{min}$$

4.5. Requerimiento por consumo de explosivos

El cálculo se basa en dos valores:

- Formación de 0.040 m^3 de productos tóxicos por la voladura de 1 Kg. de explosivo.
- Tiempo de ventilación no mayor de 30 min. Con excepción de explosivos en masa; ósea el tiempo dentro del turno, que gasta el minero en regresar al frente después de haber realizado la voladura.

De acuerdo a algunos reglamentos de seguridad, los productos tóxicos de la explosión deben ser diluidos a no más de 0.008% en volumen, entonces se obtendrá que caudal del aire por llevar al frente de trabajo debe ser:

En donde:

Q_3 = cantidad de aire necesario en m^3/min .

A = Cantidad de explosivo en la voladura en Kg.

a = $0.040 \text{ m}^3/\text{Kg}$.

t = Tiempo de pausa entre la voladura y el regreso al frente o tiempo de ventilación en minutos.

$$Q_3 = \frac{100 * a * A}{0.008 * t}$$

$$Q_3 = \frac{100 * 0.040 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} * 1 \text{ kg}}{0.008 * 30 \text{ min}}$$

$$Q_3 = \frac{4 \text{ m}^3}{0.24 \text{ min}}$$

$$Q_3 = 16.66 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

4.6. Requerimiento para mantener óptimas condiciones ambientales

Tenemos trabajando 200 hombres y el aire que ingresa tiene una velocidad de 9 m/min a los niveles más críticos que son 50 y 30, teniendo un total de 7 niveles, que trabajan a una temperatura no más de 26 a 24 grados C, estando ubicados en distintas áreas pero la principal tiene 2.40m de alto por 2.10m de ancho.

En donde:

Q_4 = Cantidad de aire para mantener condiciones ambientales Ideales

V= Velocidad del aire usando valores de T1 (9 m/min)

N= Numero de niveles a trabajar con temperaturas elevadas

A= área promedio de la sección de labor

$$Q_4 = V * n * A$$

$$Q_4 = 9 \frac{m}{min} * 7 * 5.04m^2$$

$$Q_4 = 63 \frac{m}{min} * 5.04m^2$$

$$Q_4 = 317.52 \frac{m^3}{min}$$

4.7. Total de CFM utilizando en interior mina

Se está extrayendo gases de las voladuras y se está ingresando aire puro con los compresores los cuales envían aire puro en forma focalizada con un caudal de 3000 cfm como mínimo, más el ciclo de turbinas automatizadas.

Nota: esto se da cada que se produce una voladura para por efecto de diferencia de presiones el aire recircule.

En cada frente tenemos la capacidad de enviar en tuberías de 1" la cuales pueden proyectar un caudal máximo de $492.11 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$V=Q/a \quad Q=V*a$$

Tabla 12-4 Total de CFM y m^3/min Sistema Aspirante e Impelente

TOTAL DE CFM Y m^3/min SISTEMA ASPIRANTE E IMPELENTE			
HUBICACION	MOTOR	CFM	m^3/min
Crucero 557	5HP	16000	453.26
CECY NIVEL CERO NORTE	5HP	8000	226.63
TURBINA PRINCIPAL	75HP	38465	1089.67
SUMA TOTAL		62465	1769.54

Fuente: *Diego Chacha*

4.8. Sistema de ventilación propuesto

Tomando en cuenta los resultados de los cálculos que se realizó partiendo con el requerimiento de aire necesario de acuerdo a:

- De acuerdo por el número de personas
- De acuerdo por polvo en suspensión
- De acuerdo por aumento de temperatura
- De acuerdo por consumo de explosivos
- De acuerdo al diseño de labor

Se determinó que con 4 turbinas secundarias de 5 hp ubicadas a 300 mts. Una separada de la otra con las siguientes reglas:

- La presión requerida es directamente proporcional a la longitud
- La presión es directamente proporcional al perímetro

Tomando en cuenta la distancia de la labor minera se determinó que se utilizara un aproximado de 1200 mts. de manga de ventilación de 22”.



Figura 15-4 Turbina de 5 Hp / Manga de 22”

4.9. Matriz comparativa de objetivos e hipótesis

<p>“SISTEMA DE VENTILACION PARA LABORES SUBTERRANEAS DE LA EMPRESA PRODUMIN S.A.”</p>		
<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Al diseñar el sistema de ventilación del nivel principal se determinará alternativas de un entorno seguro de trabajo en las labores subterráneas de la empresa PRODUMIN S.A.</p>		
OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADOS
Proveer el aire necesario para la vida y normal desempeño de los hombres y buen funcionamiento de las máquinas y equipos.	Una vez realizado el levantamiento de información y realización de la línea base mediante los recorridos y toma de evidencias insitu que nos indica la cantidad de aire necesario para cada frente de trabajo determinado mediante cálculos técnicos.	Se realizó el diseño de ventilación con una evaluación técnica-económica.
Diluir y extraer los gases asfixiantes, tóxicos y/o inflamables que se generan esporádica y permanentemente en la mina.	Se está ingresando aire puro con los compresores los cuales envían aire en forma focalizada con un caudal de 3000 cfm como mínimo, más el ciclo de turbinas automatizadas.	Esto permite diluir la concentración de los gases tóxicos, polvos q se generan permanentemente en la mina.
Control de las concentraciones de polvos nocivos para la salud y perjudiciales para el funcionamiento de las máquinas y equipos mineros, mediante filtración, humidificación, dilución y extracción.	Tomando en cuenta los gases existentes en la mina y siguiendo con el diseño de ventilación propuesto se procedió a la ubicación de las turbinas de 5 hp y la manga de ventilación de 22”.	Se controla la expansión y se le da dirección a los gases mediante las mangas de ventilación.

Control de la temperatura ambiente de la mina.	Se utiliza el Aire Comprimido exclusivamente a aquellas labores donde no es posible por razones prácticas el utilizar sistemas auxiliares de ventilación o por el acceso a estos frentes de trabajo.	Las labores subterráneas mantienen una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficiente de acuerdo al número de trabajadores.
Control de flujos de aire en la mina en casos de incendios subterráneos.	Dar mantenimiento adecuado a compresores, turbinas y demás equipo técnico que intervengan en el sistema de ventilación.	Control de flujo de aire para maniobrar en caso de emergencias como incendios, cortocircuitos, y otros percances.

CAPITULO V

EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA

5.1. Armado del Arranque

En la siguiente tabla se detalla el costo que tiene el armado del arranque para el sistema de ventilación de interior mina.

Tabla 13-5 Costos del Armado del Arranque

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Electricista	1	2	25	25,00
Asistente electricista	1	2	19,33	38,67

MATERIALES	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Selector dos posiciones	Unid	1,00	17,70	17,70
Contactador 32 A(1und)	Unid	1,00	26,21	26,21
Relay térmico 9-13 A	Unid	1,00	40,33	40,33
Cable flexible N°12	Unid	30,00	0,71	21,30
Sub Total				169,21
Imprevistos	3%			5,08
Gastos generales	15%			25,38
Sub-Total				30,46
US\$				199,66

Fuente: Dpto. Costos Produmin S.A.

5.2. Instalación del arranque y el cable concéntrico

En la siguiente tabla se detalla el costo que tiene el armado del arranque para el sistema de ventilación de interior mina.

Tabla 14-5 Costos de Instalación del Arranque y cable Concéntrico

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad/Gdias	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
electricista	1	3	25	25,00
Asistente electricista	1	3	19,33	58,00
Sub Total				83,00

MATERIALES	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Cable Concéntrico 3x10	Unid	1200,00	2,47	2964,00
Sub Total				3047,00
Imprevistos	3%			91,41
Gastos generales	15%			457,05
Sub-Total				548,46
US\$				3595,46
US\$/m				3,00

Fuente: Dpto. Costos Produmin S.A.

5.3. Costo de instalación de Manga y Ventilador

En las siguientes tablas se detalla el costo que tiene el traslado además del armado del ventilador y la manga de ventilación para el sistema de ventilación de interior mina.

5.3.1. Traslado a interior mina

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Locomotorista	2	1/guardia	26	52,00

5.3.2. Instalación del ventilador

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Eléctrico	2	1/guardia	20	40,00

5.3.3. Instalación de la manga

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Obrero	2	1/guardia	16	32,00

MATERIALES	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Manga de ventilación 22"	m	1200,00	8,00	9600,00
Sub Total				9600,00
Imprevistos	3%			288,00
Gastos generales	15%			1440,00
Sub-Total				1.728,00
Total				11328,00
US\$/m				9,44

vida útil manga		6,00	mes
vida útil manga		2160	hrs
costo/hr		5,24	\$/Hr

Fuente: Dpto. Costos Produmin S.A.

5.4. Costo Instalación Manga y Armado del tablero Eléctrico Ventilador

En las siguientes tablas se detalla el costo que tiene el traslado además del armado del ventilador y la manga de ventilación para el sistema de ventilación de interior mina.

5.4.1. Armado del Armario de Control

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Eléctrico	1	1/guardia	33	33,33

5.4.2. Traslado a interior mina

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Locomotorista	2	1/guardia	26	52,00

5.4.3. Instalación de la Manga

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Unidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Obrero	2	1/guardia	16	32,00

MATERIALES	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(US\$)	US\$/total
Breakers 25 A	Unid	1,00	3,53	3,53
Contactador 25 A	Unid	1,00	24,21	24,21
Armario de control (Caja metálica 30 x 30 x 20)	Unid	1,00	20,31	20,31
Breakers Trifásico 63 A(1und),32 A(1und)	Unid	1,00	69,50	69,50
Contactador 32 A(1und)	Unid	1,00	26,21	26,21
Relay térmico 9-13 A	Unid	1,00	40,33	40,33
Luz piloto rojo y verde	Unid	1,00	4,52	4,52
Pulsadores rojo y verde	Unid	1,00	9,81	9,81
Sub Total				315,75
Imprevistos	3%			9,47
Sub-Total				325,23
Gastos generales	15%			48,78
Total				491,34

Fuente: Dpto. Costos Produmin S.A.

5.5. Análisis de factibilidad del proyecto del sistema de ventilación

N° disparos actual	Disparos/día	1
N° disparos con ventilación mecánica	Disparos/día	3
Avance total	mts	288,00
Costo de avance	US\$/ml	356,95
Costo de transporte a superficie	US\$	6.588,00
Costo de avance	US\$	102.801,60
Valor inversión en el circuito de ventilación	US\$	42.586,86
Ganancia de mineral por exp-des.	Ton	835,80
Gr finos	Gr	20.895,00
Valor del mineral ganado	US\$/Gr	34,18
Ley mineral	Gr/Ton	25,00
Potencia de la veta	cm	<30
Buzamiento veta		70°
Costo de producción	US\$/Ton.	469,08

		FLUJO NETO DE FONDOS			
Mes		Abril	Mayo	Junio	Julio
Inversión	(151.976,46)				
Ton cubizadas		189,00	201,60	214,20	231,00
Gr finos		4.725,00	5.040,00	5.355,00	5.775,00
Ventas del mineral cubicado		161.500,50	172.267,20	183.033,90	197.389,50
Costo producción		88.656,12	94.566,53	100.476,94	108.357,48
Flujo neto de Fondos		72.844,38	77.700,67	82.556,96	89.032,02
Tasa de interés	15%				
VAN	315830,1				
TIR	37%				

5.6. Resumen de Costos del Sistema de Ventilación

En la siguiente tabla se detallase resume el costo que tiene el sistema de ventilación para interior mina.

Tabla 15-5 Costos del Sistema de Ventilación

DATOS TECNICOS				
Modelo				
Motor del ventilador			7,00	HP
N° ventiladores			4,00	Unid.
Caudal del ventilador			8.000,00	CFM
% Eficiencia			7.040,00	CFM
Caudal total			28.160,00	CFM
Caudal requerido en el frente de trabajo			14.400,00	CFM
Funcionamiento equipo			8,00	Hrs
Total Hrs funcionamiento			54.067.200,00	pies3_dia
PARAMETROS	UND.	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL(US\$)
VENTILADOR	US\$/UND.	5.000,00	4,00	20.000,00
TABLEROS ELECTRICOS	US\$/UND.	491,34	4,00	1.965,37
MANGA DE 22" E INSTALACION	US\$/m	9,44	1.200,00	11.328,00
ARMADO E INSTALADO DEL ARRANQUE	US\$	199,66	4,00	798,66
CABLE CONCENTRICO 3X10	US\$	3,00	1.200,00	3.595,46
SUB TOTAL	US\$			37.687,49
Gastos generales	10%			3.768,75
Imprevistos	3%			1.130,62
TOTAL	US\$	5.500,78	1.212,00	42.586,86
TOTAL	US\$/CFM	1,51		
TOTAL	US\$/pies3_dia	0,000788		

Observación: los costos unitarios incluyen mano de obra, materiales y gastos generales.

Fuente: Dpto. Costos Produmin S.A.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos tomados y cálculos realizados se puede concluir:

1. De acuerdo a los datos de campo que nos permitieron realizar el diseño de ventilación de la mina se concluye que se necesita una ventilación mecánica que brindara un ambiente de trabajo óptimo para el personal de interior mina.
2. Con este diseño propuesto de ventilación se consigue extraer y diluir los gases asfixiantes, tóxicos y polvo
3. Se consigue controlar las concentraciones de polvos nocivos para la salud y perjudiciales para el funcionamiento de las máquinas y equipos mineros, mediante filtración, humidificación, dilución y extracción.
4. Con la ubicación de las turbinas de la manera recomendada se consigue el control de la temperatura ambiente de la mina.
5. Con la implementación de este sistema de ventilación, de acuerdo a la evaluación técnica-económica conseguimos aire limpio en el frente de trabajo que permite acelerar el minado, se disminuye la temperatura, aumenta las condiciones de confort de los trabajadores aumentando su rendimiento e incrementando la producción.
6. Tomando en cuenta los datos estadísticos de seguridad de la empresa se ha concluido que con la implementación del sistema de ventilación los accidentes por gaseamiento se han reducido considerablemente.

6.2. RECOMENDACIONES

1. Para alcanzar una ventilación óptima en interior mina se necesita dar mantenimiento a todo el equipo que interviene en el sistema de ventilación de acuerdo a cada ficha técnica.
2. Se recomienda tener un control estricto del horario de ventilación.
3. Se recomienda el mantenimiento al día de los planos de ventilación y el control sistemático de las temperaturas, presiones y flujos de aire a través de todo el circuito de ventilación.
4. Con un ventilador adecuado y con buen mantenimiento de la tubería y mangas de ventilación se garantizará el cumplimiento del objetivo propuesto, compuestos estos por una buena señalización para el buen uso y cuidado del ventilador y mangas.
5. Es muy importante el control del sistema de aire para poder hacer llegar el caudal necesario al frente de trabajo.

RESUMEN

La presente investigación propone: implementar un sistema de ventilación para labores de interior mina en la empresa PRODUMIN S.A., el área de estudio se concentró entre las cota 287.633 inferior y se extiende hasta cota 536.438 superior. Ubicado en el cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay; la mina presenta factores como, elevada temperatura, emisión permanente de gas, generación de polvo y exceso de humedad que provoca un ambiente de trabajo en condiciones inseguras y deficiencia en el rendimiento en las operaciones mineras que no permite cumplir la producción diaria. El método de ventilación escogido fue un sistema en serie, mixto impelente-aspirante con el uso de ventiladores, turbinas de extracción y mangas de ventilación. La parte trascendental se concentró en el diseño de un sistema de ventilación, tomando en cuenta cada factor técnico y de seguridad que permita determinar el requerimiento de aire necesario para las labores subterráneas. Se realizó trabajo de campo y de gabinete recolectando información que dio paso al inicio de la investigación creando una línea base con la que se diseñó el sistema de ventilación más adecuado y rentable que nos permitió determinar alternativas para un entorno seguro de trabajo cumpliendo normas que exige el reglamento de seguridad minera del Ecuador. Posteriormente se analizaron propuestas tomando en cuenta diferentes factores técnicos-económicos, que compense la necesidad de ingresar aire limpio a un frente de trabajo, realizando controles continuos y dando mantenimiento a todo el equipo que interviene en el sistema de ventilación.

Palabras claves: sistema de ventilación, método impelente-aspirante, método en serie mixto.



ABSTRACT

This research proposes: To implement a ventilation system to work inside the mine in the company PRODUMIN S.A., the study area is concentrated between the elevation 287,633 lower and upper one extends to 536,438. Located in Canton Camilo Ponce Enriquez, Azuay Province, the mine presents factors such as high temperature, permanent gas emission, dust generation and excess of moisture that causes an unsafe working environment and deficient performance in mining operations; it does not allow to comply the daily production. The method chosen was a ventilation system in series, mixed-suction plenum with the use of fans, turbines and exhaust ventilation sleeves. The transcendental part focused on the design of a ventilation system, taking into account each technical and safety factor to determine the requirement of air required for underground workings. Fieldwork and office work was performed collecting information, which led to the initiation of the research by creating a base line with which the system most suitable and cost-effective ventilation was designed to allow us to determine alternatives for a safe working environment in compliance with the rules that mining safety regulations of Ecuador requires. Later proposals were analyzed taking into account different technical-economic factors, which offset the need for clean air entering in a work front, making continuous checks and giving maintenance to the entire equipment involved in the ventilation system.



Key words: Ventilation system, impeller- suction method, mixed series method.

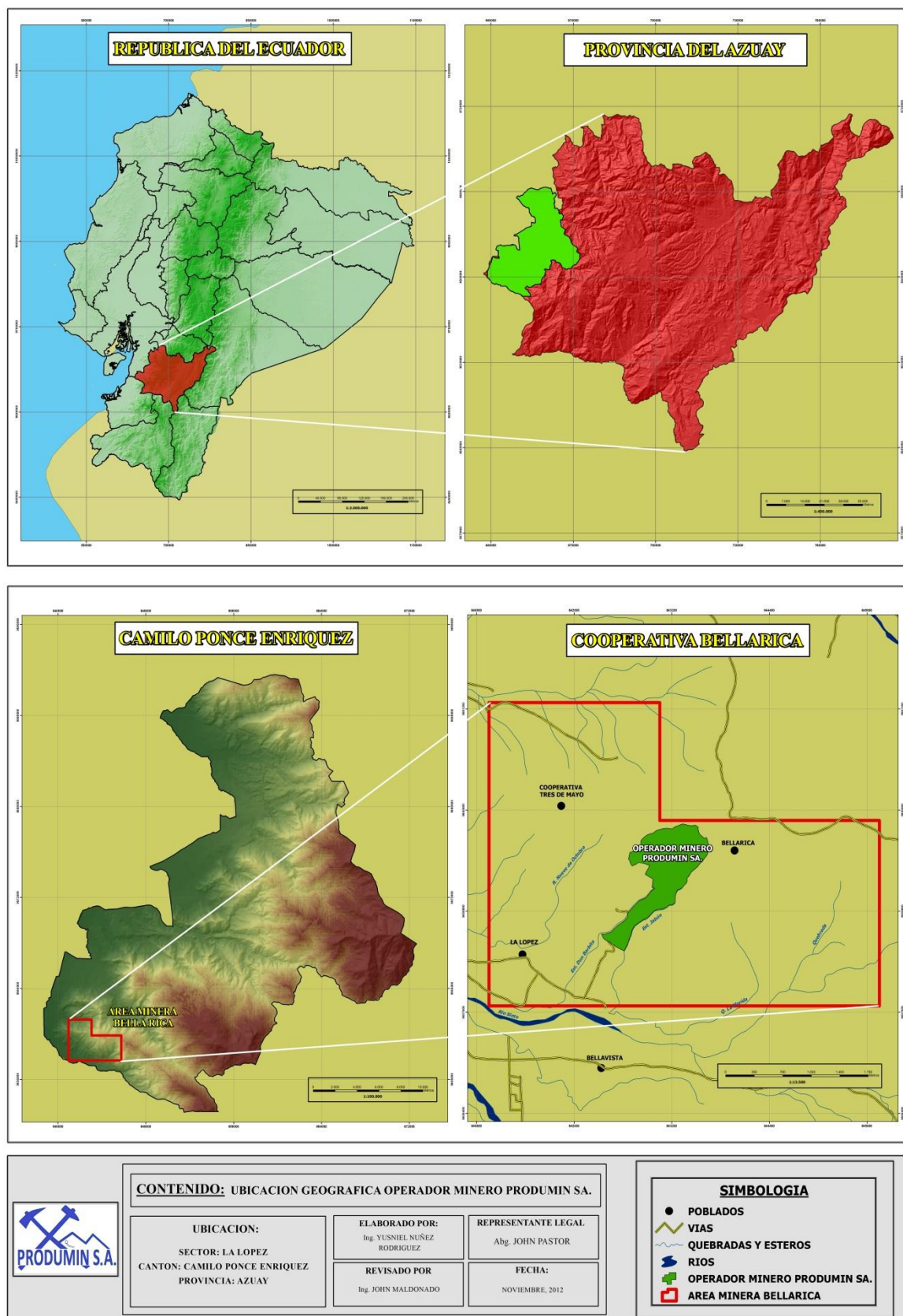
BIBLIOGRAFIA

- Andrade, S. (2002). *Guía metodológica de seguridad para ventilación de minas*. Consultado el 11 de Octubre 2015. Obtenido de <http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/seguridad/200812GuiaVentilacionMinas.pdf>
- Campillos, A. (2015). *Optimización y modelización del circuito de ventilación de una mina subterránea*. Consultado el 3 de octubre 2015. Obtenido de http://oa.upm.es/36496/1/PFC_Alberto_Campillos_Prieto.pdf
- Carrasco Galán, J. (2002). *Manual de ventilación de minas y obras subterráneas*. Consultado el 5 de Abril 2015. Obtenido de http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=637
- Córdova Quiceno, C., & Molina Escobar, J. (2011). *Caracterización de sistemas de ventilación en minería subterránea*. Consultado el 15 de Diciembre 2014. Obtenido de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/29252/39426>
- Álzate, R. C. (2005). *Guía metodológica para ventilación subterránea de minas*. Universidad Tecnológica del Choco Diego Luis Córdova. Departamento de Ingeniería de Minas y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Colombia.
- Baldock, J (1982). *Geología del Ecuador*. Quito: División de Investigación Geológico Minera.
- Mallqui, T. (1980). *Proyecto de optimización del sistema de ventilación*. (Tesis de grado) Universidad Nacional del Centro de Perú. Huancayo.
- Rueda, N., Toro S., & Zuleta, R. (2012). *Optimización del sistema de ventilación en una mina de gran altura, Compañía Minera Raura*. Consultado el 5 de Enero 2015. Obtenido de http://www.isaeng.com/wp-content/uploads/2016/04/Optimizacion_del_sistema_de_ventilacion_en_una_mina_de_gran.pdf

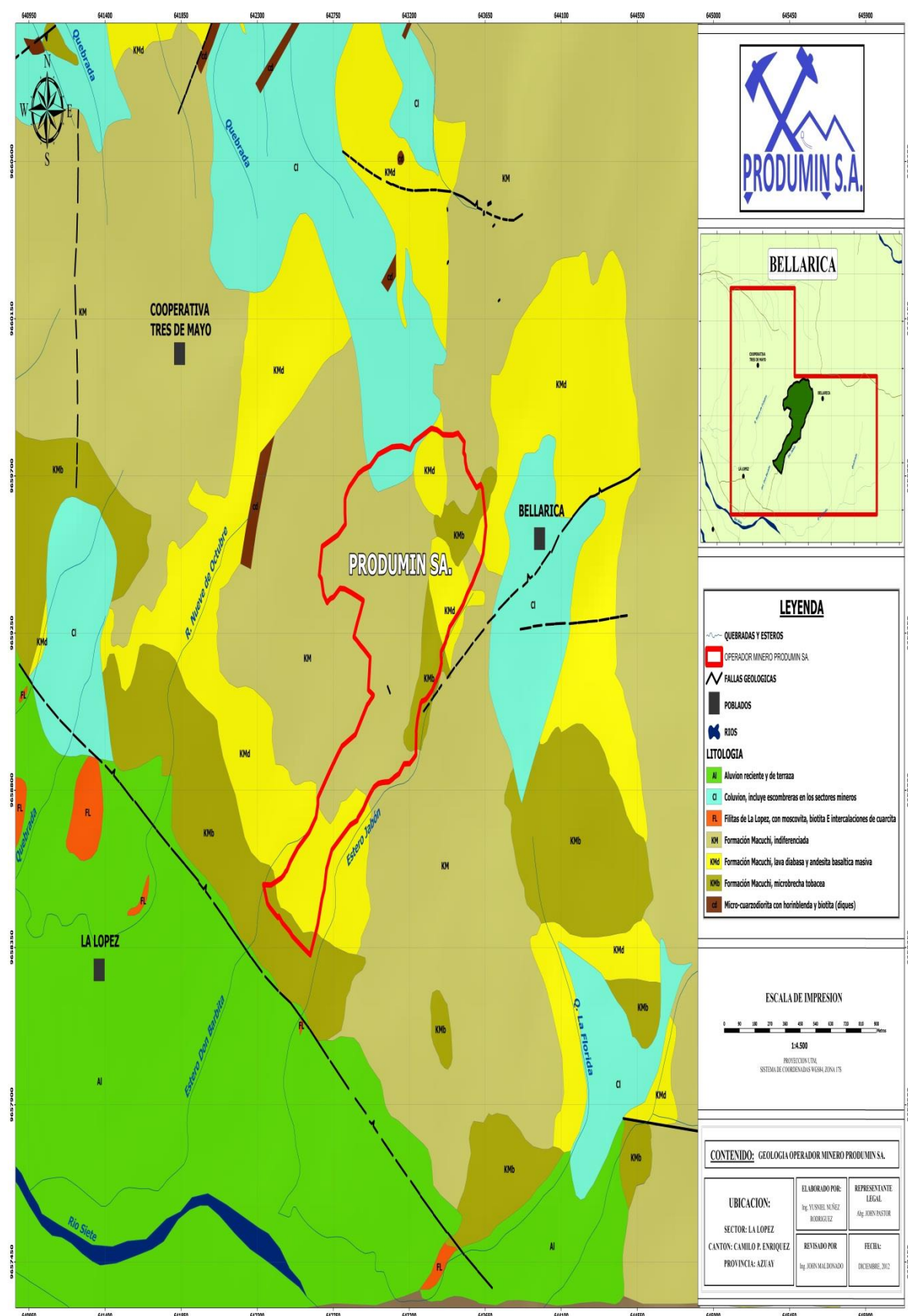
- Ramírez, H. (2005). *Ventilación de minas. Módulo de capacitación técnico ambiental*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica.
- Jiménez Ascanio, P. (2011). Ventilación de minas subterráneas y túneles. Consultado el 25 de Enero 2015. Obtenido de http://www.iimp.org.pe/website2/jueves/ultimo261/jm20111110_libro.pdf
- Hidalgo Mendieta, F. (1991). Ventilación de minas Catuva, Hada y Esperanza CIA. Minera Raura S.A. Consultado el 25 de Enero 2015. Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=20&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiQ2PrsuZfOAhWGKiYKHU06Ac84ChAWCF8wCQ&url=http%3A%2F%2Fcybertesis.uni.edu.pe%2Fbitstream%2Funi%2F613%2F1%2Fhidalgo_mf.pdf&usg=AFQjCNEly_W1TIEMXncBoVkopiarmDp6dQ
- Asamblea Nacional. (2014), *Reglamento de seguridad minera*. Quito – Ecuador.
- Instituto de Ingenieros de Minas de Perú. (1989), *Manual de ventilación de minas*. Lima - Perú.
- Figuerola, M. (2000). *Ventilación subterránea*. Consultado el 25 de enero 2015. Obtenido de http://minasunsa.bligoo.es/media/users/13/678406/files/81692/VENTILACION_EN_MINERIA_SUBTERRANEA_CAP_I.ppt.
- Dagian, A. (2008). *Ventilación minera*. Consultado el 4 de febrero 2016. Obtenido de <http://www.horizonteminero.com/2015/11/11/ventilacion-minera/>
- Rojas, S. (2010). *Ventilación de minas subterráneas*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Escuela de Formación Profesional de Minas. Facultad de Ingeniería. Cerro de Pasco – Perú.
- Vega, D. (2007). *Ventilación de minas. El origen de polvos y su mitigación en la minería*. Consultado el 28 de Junio 2016. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos53/contaminacion-polvos-mineria/contaminacion-polvos-mineria2.shtml>

ANEXOS

Anexo A. Mapa de la ubicación geográfica de la empresa Produmin s.a.



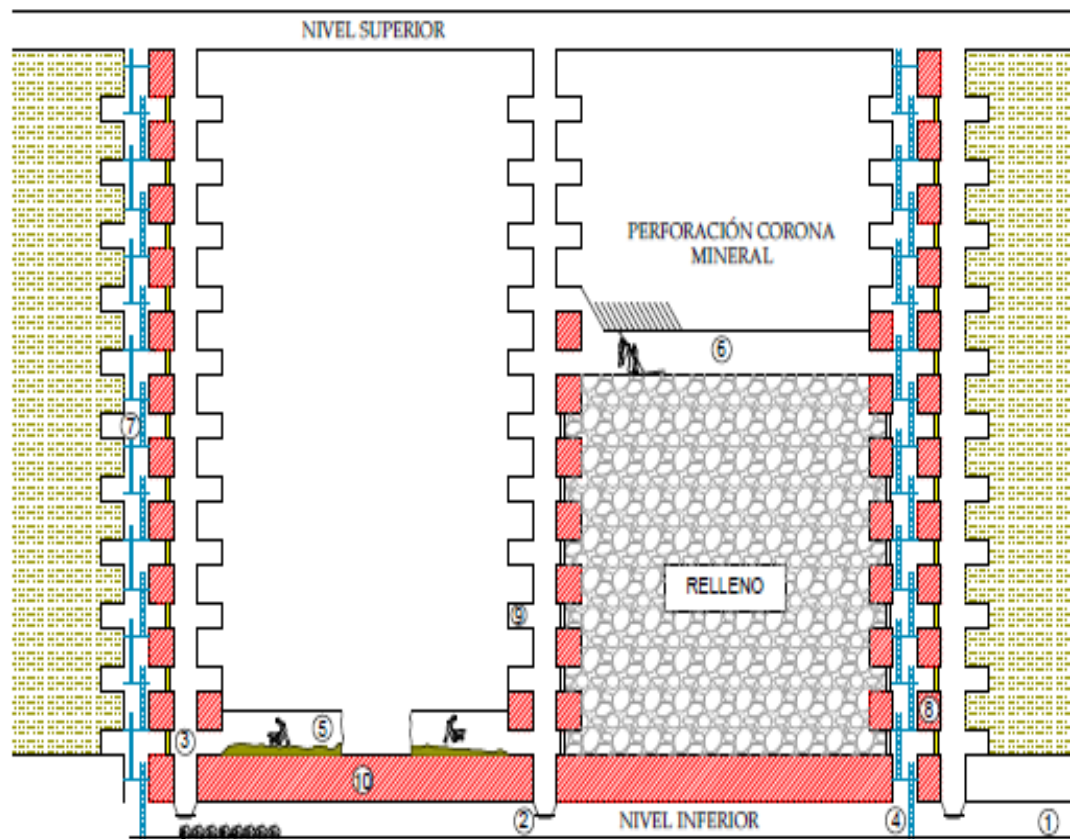
Anexo B. Mapa de la geología local de la empresa Produmin s.a.



Anexo C. Esquema de las labores subterráneas de la empresa Produmin s.a.

MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

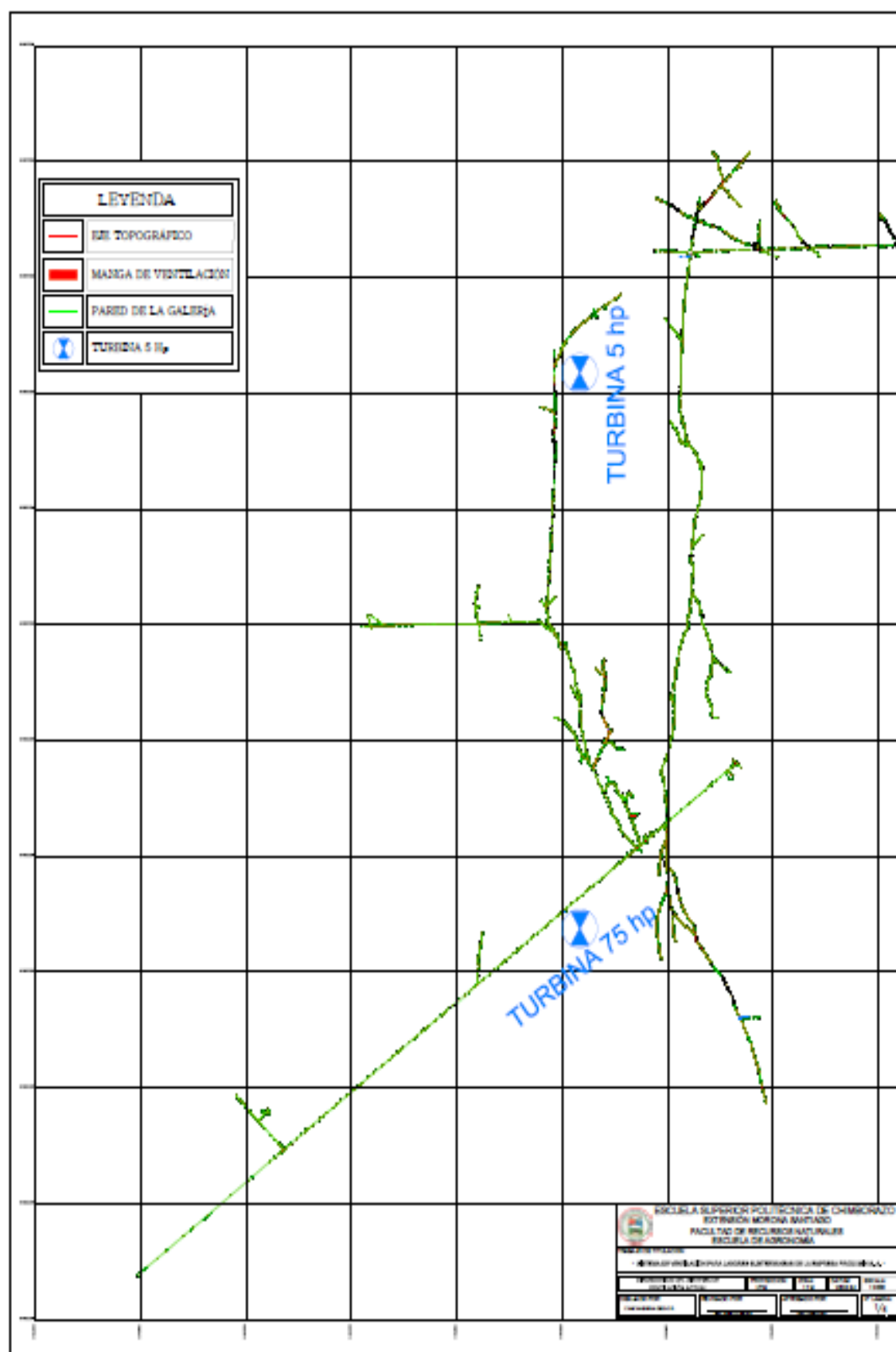
CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CONVENCIONAL SELECTIVO



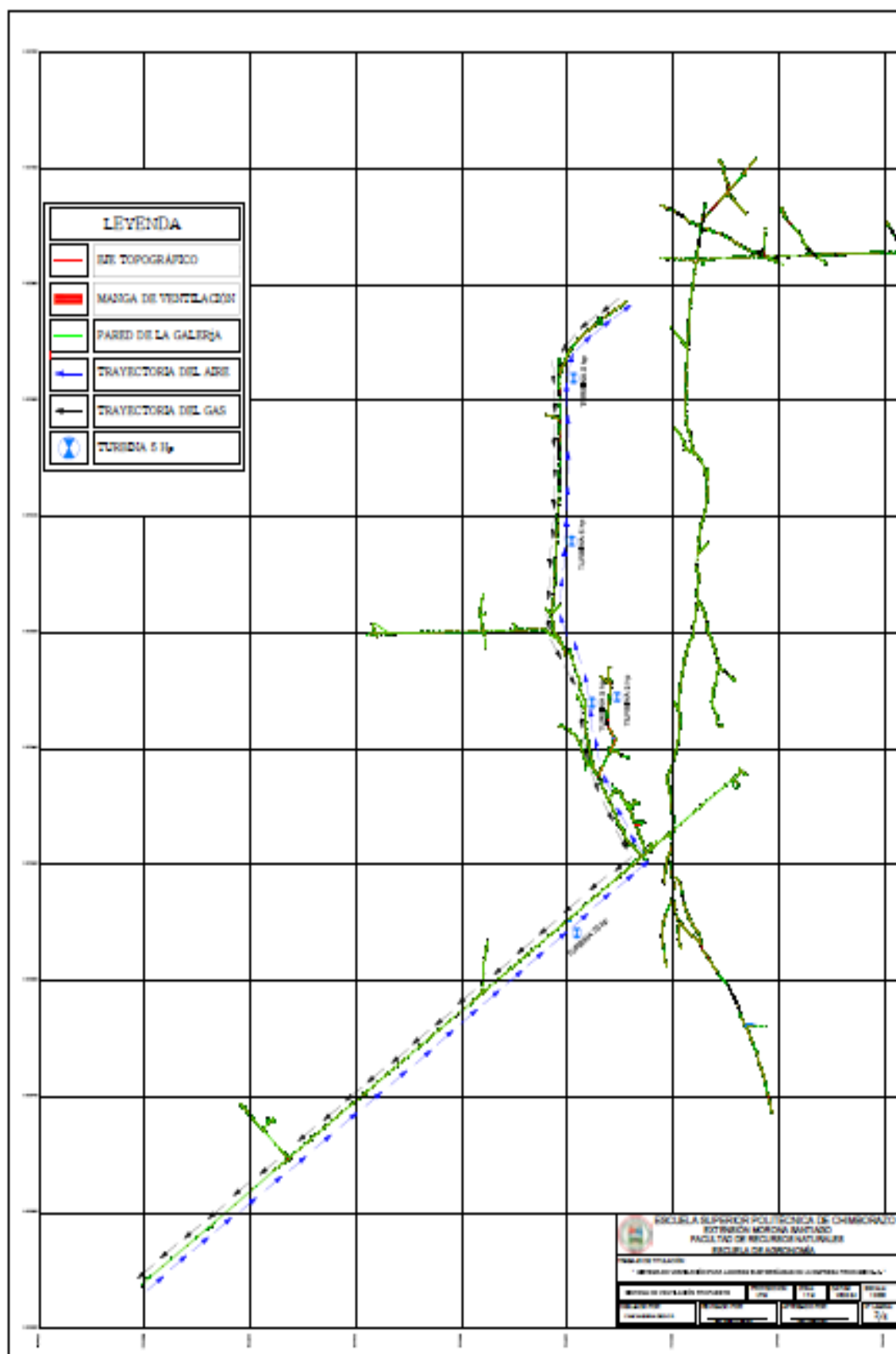
LABORES SUBTERRÁNEAS

- 1 Galería Principal
- 2 Tolva
- 3 Chimenea Principal/Material
- 4 Chimenea Camino
- 5 Subnivel
- 6 Tajo
- 7 Rampa de Seguridad
- 8 Pilar de Seguridad
- 9 Ventanilla
- 10 Puente de Seguridad

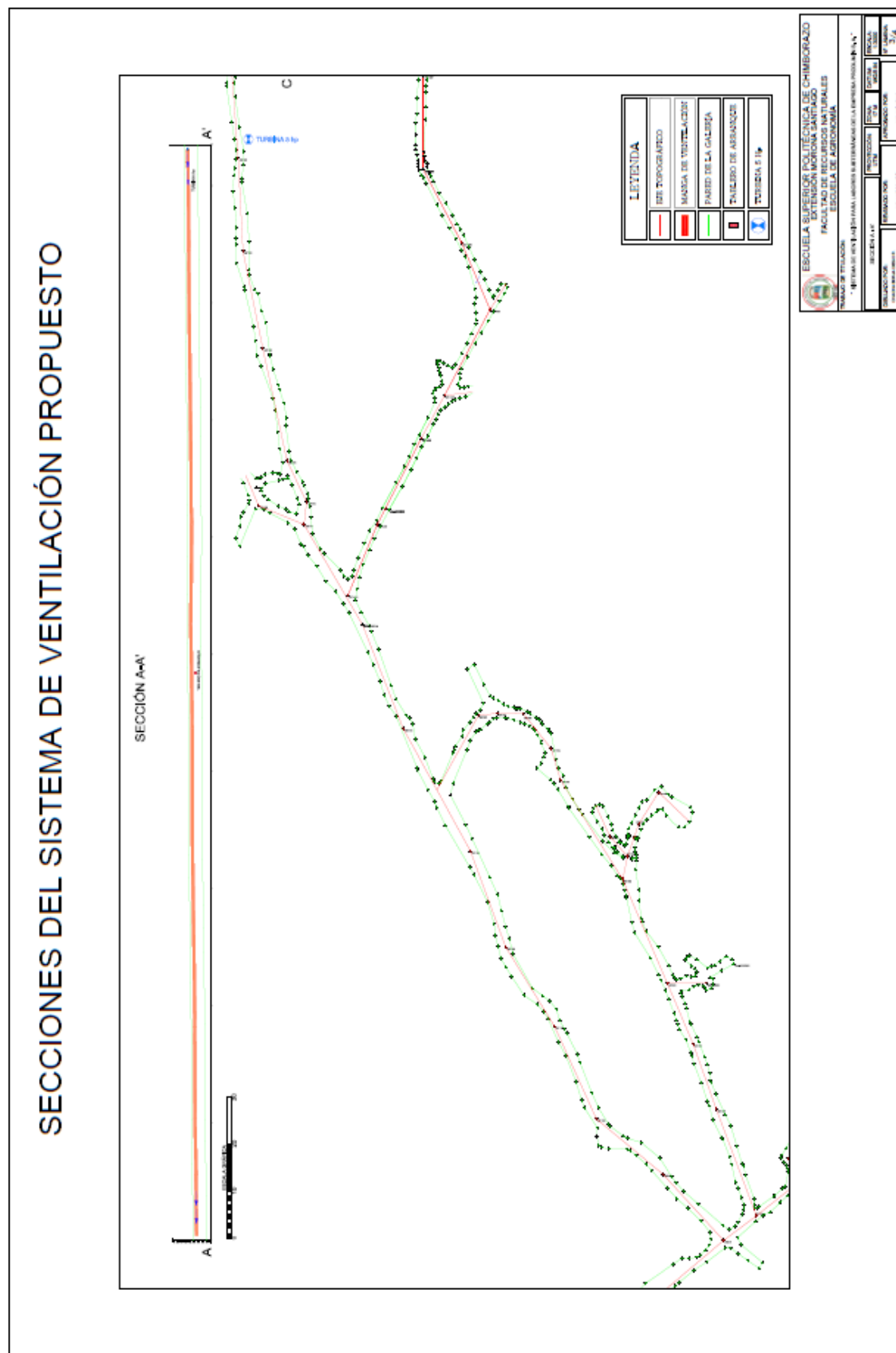
Anexo D. Mapa del sistema de ventilación actual de la empresa Produmin s.a.



Anexo E. Mapa de diseño del sistema de ventilación propuesto para la empresa produmin s.a.



Anexo F. Sección a-a' del mapa de diseño del sistema de ventilación propuesto de la empresa Produmin s.a.



**Anexo G. Sección b-b'; c-c', d-d' del mapa de diseño del sistema de ventilación
propuesto de la empresa Produmin s.a.**

